

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE SUELOS



“CORRELACIÓN ENTRE VARIABLES FÍSICAS Y QUÍMICAS PARA LA DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE FERTILIDAD DE SUELOS CULTIVADOS CON BANANO EN EL VALLE DEL CHIRA - PIURA”

TESIS

**PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

PRESENTADO POR

Br. VÍCTOR HUGO JUÁREZ MORALES

PIURA, PERÚ

2018



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE SUELOS



**“CORRELACIÓN ENTRE VARIABLES FÍSICAS Y QUÍMICAS PARA
LA DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE FERTILIDAD DE SUELOS
CULTIVADOS CON BANANO EN EL VALLE DEL CHIRA - PIURA”**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO

ING. JOSÉ REMIGIO ARGÜELLO M. S.c.
ASESOR

DR. DENNYS R. SILVA VALDIVIEZO
CO - ASESOR

BR. VÍCTOR HUGO JUÁREZ MORALES
TESISTA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE SUELOS



**“CORRELACIÓN ENTRE VARIABLES FÍSICAS Y QUÍMICAS PARA
LA DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE FERTILIDAD DE SUELOS
CULTIVADOS CON BANANO EN EL VALLE DEL CHIRA - PIURA”**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO

BR. VÍCTOR HUGO JUÁREZ MORALES

APROBADA POR:

DR. CESAR DELGADILLO FUKUSAKI
PRESIDENTE

ING. CARLOS E. SAN MARTIN ZAPATA
VOCAL
ING. VÍCTOR REQUENA SULLÓN
SECRETARIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
COMISION DE INVESTIGACION AGRICOLA



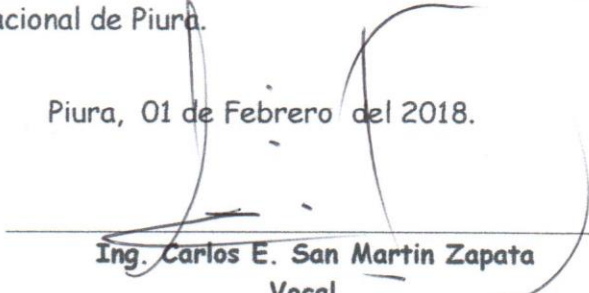
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS 006-2018-CIAFA-UNP

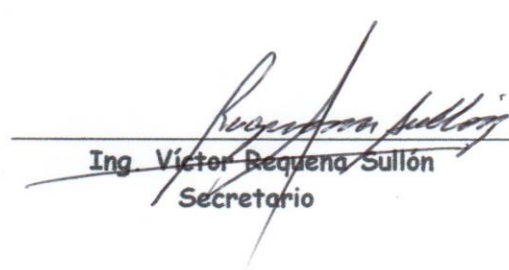
Los miembros del jurado calificador que suscriben, congregados para estudiar el Trabajo de Tesis denominado "CORRELACIÓN ENTRE VARIABLES FÍSICAS Y QUÍMICAS PARA LA DETERMINACIÓN DEL NIVEL FERTILIDAD DE SUELOS CULTIVADOS CON BANANO EN EL VALLE DEL CHIRA - PIURA.", conducido por el BR. VICTOR HUGO JUAREZ MORALES asesorado por el Ing. José Remigio Argüello MSc. y Co - asesora por el Dr. Dennys R. Silva Valdiviezo.

Luego de oídas las observaciones y respuestas a las preguntas formuladas, lo declaran APROBADO, en consecuencia queda en condiciones de ser calificado APTO para gestionar ante el Consejo Universitario de la Universidad Nacional de Piura, el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo de conformidad con lo estipulado en el artículo N° 171, inciso 2° del Estatuto General de la Universidad Nacional de Piura.


Dr. Cesar Delgadillo Fukusaki
Presidente

Piura, 01 de Febrero del 2018.


Ing. Carlos E. San Martin Zapata
Vocal


Ing. Víctor Requena Sullón
Secretario

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado principalmente a Dios por porque sin El este largo y arduo camino fuera imposible superar y recorrer, por haberme dado las fuerzas necesarias para poder cumplir esta meta.

A mis padres Víctor Juárez y Francisca Morales, Por ser ese pilar fundamental en mi vida, que con su ejemplo y esfuerzo me enseñaron por medio de valores aprovechar esta oportunidad y así poder superarme, por lo tanto este logro no es solo mío sino también les corresponde.

A mis hermanos Maritza, Lucia, Pedro, Martin y Marcos por todo su apoyo brindado en todo momento a lo largo de mi carrera universitaria. Ya mis queridos sobrinitos Xavier, Leonel y Geraldine que fueron mi motivación para cumplir esta meta, Para que les sirva de ejemplo y en un futuro poder superarse.

AGRADECIMIENTO

Mi sincero agradecimiento:

A la universidad Nacional de Piura, por haber formado parte de esta prestigiosa casa superior de estudios y haber culminado con éxito mi formación profesional.

Al Ing. José Remigio Argüello M.Sc. asesor de tesis, que con su experiencia profesional y su apoyo incondicional en todo momento hizo posible la culminación con éxito de este trabajo.

Al Dr. Dennys R. Silva Valdiviezo co asesor de tesis, por todo su apoyo brindado en la realización del presente trabajo.

A los docentes miembros del jurado, que con sus apreciaciones y observaciones han hecho posible la aprobación y culminación de este trabajo de tesis

Al señor Víctor Morales Zapata, encargado del laboratorio de suelos por su apoyo brindado durante el proceso de investigación.

A todos los miembros del departamento de suelos de la facultad de agronomía de la UNP.

Y de igual forma a todos los docentes y a todos los que conforman la facultad de agronomía de la UNP.

ÍNDICE GENERAL

	Pag.
CAPÍTULO I.....	1
Título.....	1
Responsables.....	1
CAPÍTULO II.....	2
2.1 INTRODUCCIÓN.....	2
2.2 JUSTIFICACIÓN.....	3
2.3 OBJETIVOS.....	4
2.3.1 Objetivo general.....	4
2.3.2 Objetivos específicos.....	4
CAPÍTULO III.....	5
3. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
3.1. Definición del suelo.....	5
3.2. Formación del suelo.....	7
3.3. Muestreo y análisis del suelo.....	10
3.4. Descripción de los horizontes del suelo.....	14
3.5. Clasificación de suelos.....	16
3.6. Grado de la pendiente.....	19
3.7. Fertilidad del suelo.....	20
3.8. Cultivo de la zona en estudio.....	21
3.8.1. El Banano.....	21
3.8.2. Origen del cultivo de banano.....	21
3.8.3. Taxonomía.....	22
3.8.4. Requerimientos Edafoclimáticos.....	22
3.8.5. El Suelo.....	24
3.8.6. Fertilización.....	25
3.9. HIPÓTESIS.....	26
3.9.1. Hipótesis general.....	26
3.9.2. Hipótesis específicas.....	26

CAPÍTULO IV.....	27
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
4.1. Localización del área en estudio.....	27
4.2. Materiales y equipos.....	28
4.3. Metodología del estudio.....	30
4.4. Determinación de la densidad aparente.....	32
4.5. Determinación del nivel de fertilidad del suelo según sus indicadores.....	33
CAPÍTULO V.....	37
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	37
5.1. Conductividad eléctrica (CE).....	37
5.2. Reacción del suelo (pH).....	40
5.3. Carbonatos (CaCO_3).....	43
5.4. Materia orgánica (MO).....	46
5.5. Nitrógeno (N).....	49
5.6. Fosforo (P).....	52
5.7. Potasio (K).....	55
5.8. Capacidad de intercambio catiónico (CIC).....	58
5.9. Textura.....	61
5.10. Densidad aparente.....	63
5.11. Color del suelo.....	65
5.12. Correlación entre el contenido de carbonatos y el pH de los suelos Estudiados.....	67
5.13. Correlación entre el contenido de arcillas y la capacidad de intercambio catiónico.....	68
5.14. Correlación entre el contenido de materia orgánica (MO) y la capacidad de intercambio catiónico (CIC).....	69
5.15. Correlación entre el contenido de potasio y la capacidad de intercambio catiónico.....	70
5.16. Dosis de fertilización en el cultivo de banano.....	71
5.17. Indicadores del nivel de fertilidad de los suelos.....	75

CAPÍTULO VI.....	82
6. CONCLUSIONES.....	82
6.1. Caracterización físico química.....	82
6.2. Correlación entre características físicas y químicas del suelo.....	84
6.3. Indicadores del nivel de fertilidad.....	85
CAPÍTULO VII.....	86
7. RECOMENDACIONES.....	86
7.1. Recomendaciones parar mejorar la capacidad productiva del suelo.....	87
7.2. recomendaciones en función de la dosis de fertilización.....	87
7.3. Resumen.....	88
7.4. Summary.....	89
CAPÍTULO VIII.....	90
Bibliografía.....	90
Anexos.....	94

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1: Esquema de clasificación de suelos por capacidad de uso mayor.....	17
Cuadro N° 2: Rango de fase por pendiente.....	19
Cuadro N° 3: Valores críticos para la interpretación de los niveles de fertilidad...	21
Cuadro N° 4: Ubicación geográfica del área de estudio.....	27
Cuadro N° 5: Características y métodos empleados el laboratorio para el análisis de suelos.....	32
Cuadro N° 6: Ponderaciones para el nivel de fertilidad del suelo, de acuerdo al indicador reacción del suelo (pH).....	33
Cuadro N° 7: Ponderaciones para el nivel de fertilidad del suelo, de acuerdo al Indicador conductividad eléctrica (CE).....	34
Cuadro N° 8: Ponderaciones para el nivel de fertilidad del suelo, de acuerdo al contenido de carbonatos(CO_3Ca).....	34
Cuadro N° 9: Ponderaciones para el nivel de fertilidad del suelo, de acuerdo al indicador contenido de materia orgánica(MO).....	34
Cuadro N° 10: Ponderaciones para el nivel de fertilidad del suelo, de acuerdo al indicador contenido de nitrógeno (N).....	35
Cuadro N° 11: Ponderaciones para el nivel de fertilidad del suelo, de acuerdo al indicador contenido de fósforo disponible (P).....	35
Cuadro N° 12: : Ponderaciones para el nivel de fertilidad del suelo, de acuerdo al indicador contenido de potasio disponible (K).....	35
Cuadro N° 13: Ponderaciones para el nivel de fertilidad del suelo, de acuerdo al indicador capacidad de intercambio catiónico (CIC).....	36
Cuadro N° 14: Clasificación del nivel de fertilidad del suelo, de acuerdo con el promedio de los valores ponderados para, los ocho parámetros seleccionados.....	36
Cuadro N° 15: Valores de conductividad eléctrica de los suelos estudiados.....	38
Cuadro N° 16: Valores de pH de los suelos estudiados.....	41
Cuadro N° 17: Porcentaje de carbonatos en los suelos estudiados.....	44
Cuadro N° 18: Porcentaje de materia orgánica en los suelos estudiados.....	47

Cuadro N° 19: Porcentaje de nitrógeno en los suelos estudiados.....	50
Cuadro N° 20: Contenido de fosforo en los suelos estudiados.....	53
Cuadro N° 21: Valores del contenido de potasio en los suelos estudiados.....	56
Cuadro N° 22: Valores de la capacidad de intercambio catiónico en los suelos Estudiados.....	59
Cuadro N° 23: Textura de los suelos estudiados en cuanto a cantidad y porcentaje de los mismos.....	62
Cuadro N° 24: Densidad aparente.....	64
Cuadro N° 25: Color de los suelos en seco de las diferentes muestras estudiadas...	66
Cuadro N° 26: Recomendaciones de dosis de fertilización y fertilizantes en el cultivo de banano en cada uno de los suelos estudiados.....	72
Cuadro N° 27: Rango de niveles ponderados para la clasificación del nivel de de los suelos estudiados.....	76
Cuadro N° 28: Porcentaje de las muestras estudiadas según su nivel de fertilidad.....	77
Cuadro N° 29: Indicadores del nivel de fertilidad de cada uno de los suelos estudiados.....	78
Cuadro N° 30: Dosis de fertilización según la demanda del cultivo de banano.....	87
Cuadro N° 31: Formulaciones de fertilización para el cultivo de banano.....	87
Cuadro N° 32: Cálculo de la densidad aparente.....	104
Cuadro N° 33: Densidad del agua a diferentes temperaturas.....	104
Cuadro N° 34: Análisis físico químico del suelo.....	105
Cuadro N° 35: Densidad aparente promedio de los suelos estudiados.....	112
Cuadro N° 36: Textura.....	115
Cuadro N° 37: Porcentaje de saturación de bases.....	115
Cuadro N° 38: Profundidad efectiva.....	116
Cuadro N° 39: Pendiente.....	116
Cuadro N° 40: Reacción del suelo (pH).....	117
Cuadro N° 41: Materia orgánica.....	117
Cuadro N° 42: Nitrógeno (N).....	117

Cuadro N° 43: Fosforo disponible (P).....	118
Cuadro N° 44: Potasio disponible (K).....	118
Cuadro N° 45: Calcáreo total (CO₃Ca).....	118
Cuadro N° 46: Capacidad de intercambio catiónico (CIC).....	119
Cuadro N° 47: Relaciones catiónicas “adecuadas” en el complejo de cambio.....	119
Cuadro N° 48: Salinidad.....	120
Cuadro N° 49: Relación de propietarios de los suelos estudiados.....	124

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura N° 1: Ubicación del área en estudio en el valle del rio chira.....	27
Gráfico N° 1: Conductividad eléctrica de los suelos.....	39
Gráfico N° 2: Valores de pH de los suelos.....	42
Gráfico N° 3: Valores del contenido de carbonatos de los suelos (CaCO₃).....	45
Gráfico N° 4: Valores del contenido de materia orgánica en los suelos.....	48
Gráfico N° 5: Valores del contenido de nitrógeno en los suelos.....	51
Gráfico N° 6: Valores del contenido de fosforo en los suelos.....	54
Gráfico N° 7: Valores del contenido de potasio en los suelos.....	57
Gráfico N° 8: Valores de la capacidad de intercambio catiónico en los suelos Estudiados.....	60
Gráfico N° 9: Textura de los suelos estudiados en el valle del chira.....	62
Gráfico N° 10: Color de los suelos en seco.....	66
Gráfico N° 11: Correlación entre el contenido de carbonatos y el pH de los suelos.....	67
Gráfico N° 12: Correlación entre la capacidad de intercambio catiónico (CIC) Y el contenido de arcillas de los suelos.....	68
Gráfico N° 13: Correlación entre el contenido de materia orgánica y la capacidad de intercambio catiónico.....	69
Gráfico N° 14: Correlación entre el contenido de potasio(K) y la capacidad de intercambio catiónico en los suelos del valle del chira.....	70

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Mapa político del departamento de Piura.....	94
Anexo 2: Mapa político de la provincia de Sullana.....	95
Anexo 3: Imagen satelital del valle del chira.....	96
Anexo 4: Protocolo para la determinación de la textura del suelo por el método de Bouyucos.....	97
Anexo 5: Fotografías de la determinación de la textura de los suelos estudiados....	98
Anexo 6: Diagrama triangular de las clases texturales básicas del suelo según el El tamaño de las partículas.....	99
Anexo 7: Protocolo empleado para la determinación de la conductividad eléctrica.....	100
Anexo 8: protocolo empleado para la determinación de calcáreo.....	101
Anexo 9: protocolo empleado para la determinación de materia orgánica.....	102
Anexo 10: Protocolo empleado en la determinación de la densidad aparente.....	103
Anexo 11: Resultado del análisis de caracterización de los suelos estudiados.....	105
Anexo 12: Determinación de la densidad aparente del suelo.....	112
Anexo 13: Escalas para la interpretación de datos de suelos.....	115
Anexo 14: Relación de propietarios de los suelos estudiados.....	121

CAPÍTULO I

TÍTULO:

**“CORRELACIÓN ENTRE VARIABLES FÍSICAS Y QUÍMICAS
PARA LA DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE FERTILIDAD DE
SUELOS CULTIVADOS CON BANANO EN EL VALLE DEL
CHIRA - PIURA”**

RESPONSABLES:

Ejecutor	: Br. Víctor Hugo Juárez Morales
Asesor	: Ing. José Remigio Argüello M. S.c.
Co-Asesor	: Dr. Dennys Rafin Silva Valdiviezo

CAPÍTULO II

2.1. INTRODUCCIÓN

El suelo es un recurso dinámico que sostiene vida vegetal; es un sistema heterogéneo trifásico, conformado por elementos sólidos (orgánicos e inorgánicos), líquido y gaseoso, caracterizado por propiedades específicas adquiridas durante su evolución, dándole la capacidad de satisfacer en mayor o menor medida las necesidades vitales de crecimiento para las plantas u otros organismos.

La información edafológica hace posible no solamente una selección sabia de los cultivos, la adaptación de prácticas de manejo de acuerdo con las condiciones fisicoquímicas del suelo y otras aplicaciones agrícolas, sino que también contribuye a lograr una mayor planificación del desarrollo económico en general.

El monitoreo y registro del estado de la fertilidad de los suelos es un aspecto de suma importancia en todo sistema de producción agrícola, ya que los rendimientos, dependen en gran medida de la capacidad que tenga el factor suelo para proveer a la planta de todos los nutrientes necesarios para su óptimo crecimiento y desarrollo.

El análisis químico de la disponibilidad de nutrimentos es una de las herramientas más prácticas y accesibles con las que cuenta el profesional en agronomía, al momento de realizar un diagnóstico confiable del estado de fertilidad de los suelos. A través del análisis químico se puede identificar y cuantificar fácilmente las principales limitantes nutricionales que se presentan en un sitio específico, y es una fuente de información importante que se debe conocer al momento de elaborar un plan de manejo nutricional para un determinado cultivo.

De otro lado, En los últimos años la producción agrícola en la región Piura entre los diferentes productos agrícolas que se tienen el banano que ocupa alrededor de 7 mil hectáreas, manejados por 7500 productores. El banano orgánico constituye uno de los productos que en los últimos años está experimentando un fuerte crecimiento de sus exportaciones. En el año 2000 se exportaban 820 t, en el 2013 se llegó a 124,600 t. PIP, BO, (2016).

2.2. JUSTIFICACIÓN

Desde el punto de vista productivo, en relación al manejo y la fertilización de los suelos, los productores tienen una carencia de información, que no les permite tomar decisiones apropiadas y con precisión para obtener altos rendimientos.

Muchas veces, por no conocer los problemas que tienen los suelos, en cuanto a valores extremos de pH, contenido de carbonatos, contenido de materia orgánica, concentración de nutrientes y otros aspectos relacionados, los agricultores, e incluso algunos técnicos toman malas decisiones en las actividades de manejo y fertilización del suelo.

La repercusión de las malas decisiones y el desconocimiento de las propiedades físicas y químicas del suelo, en los niveles de producción de las especies cultivadas, es evidente en todas las zonas agrícolas del país, donde los niveles de tecnología son muy bajos, lo cual no ocurre en los fundos que tienen avanzada tecnología, como aquellos donde se practica la fertiirrigación.

Los niveles de producción y la calidad del producto cosechado son afectados por la aplicación de planes de fertilización no apropiados, que no parten de información concreta como el diagnóstico del suelo resultante de los análisis de las principales características físicas y químicas que lo constituyen.

Por ejemplo, una mala decisión es aplicar un fertilizante de alto índice de alcalinidad en suelos con pH fuertemente a extremadamente alcalino, o la aplicación de un fertilizante que precipita en pH de extrema acidez con mucha facilidad, como es el caso de los fosfatos, lo cual no permite una disponibilidad del nutriente en la cantidad, forma y oportunidad como lo requiere la planta.

Por ello, es muy importante establecer un procedimiento para el diagnóstico del suelo y las plantas, que permitan al agricultor estimar y calcular con precisión las cantidades de fertilizantes por aplicar, teniendo como expectativa un nivel de rendimiento que sea rentable para la sostenibilidad económica de sus actividades.

2.3. OBJETIVOS:

2.3.1. Objetivo general

Determinar la correlación existente entre variables físicas y químicas para la determinación del nivel de fertilidad de suelos cultivados con banano en el valle del Chira - Piura

2.3.2. Objetivos específicos

- Realizar el análisis de caracterización físico química en muestras de suelo provenientes del Valle del Chira.
- Realizar el análisis estadístico de correlación, entre características físicas y químicas con los resultados del análisis de caracterización, de muestras de suelos provenientes del valle del Chira.
- Establecer indicadores del nivel de fertilidad de los suelos.
- Realizar las recomendaciones apropiadas para la fertilización y manejo de suelos para el uso sostenible del recurso.

CAPÍTULO III

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 . DEFINICIÓN DEL SUELO

RODRIGUEZ (2002), el suelo es un cuerpo de material bastante heterogéneo, cuya composición varía de un sitio a otro, estas diferencias entre unidades dependen de los factores formadores del suelo (clima, vegetación y tiempo), así como de los cambios introducidos por el hombre debido a la adaptación a las prácticas de cultivo.

BOULAIN Y AUBERT (1967) dieron una definición bien elaborada: «Es el producto de la alteración, de la reestructuración y de la organización de las capas superiores de la corteza terrestre bajo la acción de la vida, de la atmósfera y de los intercambios de energía que en ella se manifiestan».

SOIL SURVEY STAFF (1975) en la siguiente definición: “El suelo es una colección de cuerpos naturales en la superficie terrestre, en algunos sitios modificados o aun hechos por el hombre, que contienen materia viviente y que soportan o son capaces de soportar plantas creciendo al aire libre”.

BUOL, ET AL (1991), la diferencia primordial entre suelo y material geológico es la presencia en el suelo de raíces de plantas y depósitos de materiales orgánicos y minerales que se origina en la zona radicular, puede pensarse que cualquier porción de la corteza terrestre alcanzada por las raíces de las plantas ha sido transformada de material geológico en suelo.

JARAMILLO ET AL (1994) el suelo es aquella delgada capa, de pocos centímetros hasta algunos metros de espesor, de material terroso, no consolidado, que se forma en la interfase atmósfera – biosfera – litosfera. En ella interactúan elementos de la atmósfera e hidrosfera (aire, agua, temperatura, viento, etc.), de la litosfera (rocas, sedimentos) y de la biosfera y se realizan intercambios de materiales y energía entre lo inerte y lo vivo, produciéndose una enorme complejidad.

DORAN ET AL., (1996). Se puede afirmar que el suelo es un recurso vivo y dinámico cuya condición es clave para la producción de alimentos y para el buen funcionamiento del ecosistema global.

HILLEL (1998) considera el suelo como un cuerpo natural involucrado en interacciones dinámicas con la atmósfera que está encima y con los estratos que están debajo, que influye el clima y el ciclo hidrológico del planeta y que sirve como medio de crecimiento para una variada comunidad de organismos vivos. Además, él juega un papel ambiental preponderante como reactor bio-físico-químico que descompone materiales de desecho y recicla dentro de él nutrientes para la regeneración continua de la vida en la Tierra.

IBÁÑEZ Y OTROS (2000) definen al suelo como un recurso natural más o menos renovable en función de la escala temporal considerada. El reconocimiento de suelos (soil survey) es la disciplina pedológica que aborda el inventario, incluida la cartografía, de los recursos edáficos.

Consideran que la Pedología está relacionada con aquellas materias o sub disciplinas de la Ciencia del Suelo que versan sobre su morfología, génesis y clasificación, así como aquellas que lo abordan desde la explotación y aplicación de sus resultados (p. ej. evaluación y rehabilitación de tierras). Conservan el término de "Ciencias del Suelo" en su sentido más amplio.

Son conscientes que estos nombres son usados para designar cosas diferentes en distintos países. En Europa el término Pedología es sinónimo de Ciencia del Suelo.

3.2. FORMACIÓN DEL SUELO

Gomes A. (1975). Manifiesta que los suelos se pueden formar en el mismo sitio donde ocurre la meteorización de las rocas, o a partir de materiales transportados por el agua, el viento o la gravedad. Los perfiles de suelo pueden presentar una capa orgánica de superficie, debido a la acumulación de residuos orgánicos. De acuerdo a ello tenemos:

Suelo desarrollado “in situ”, que se forma a partir de la roca sobre el cual descansan, son suelos residuales y muy antiguos.

Suelos aluviales, formados por sedimentos recientes, depositados por las aguas, de ríos o lagunas; no presentan desarrollo de los horizontes, o alteración de los materiales depositados; ya que los depósitos aluviales tienden a ser cascajosos y arenosos en las capas inferiores y limosos y arcillosos en las superiores.

Suelos coluviales, por acumulación de materiales mezclados, por la acción combinada de derrumbes, deslizamientos, solifluxión y a veces escurrimiento.

Suelos coluvio – aluviales, formado por la influencia combinada de fenómenos Aluviales y coluviales, se caracterizan por tener capas alternas y mezcladas heterogéneamente. Y los suelos de cenizas volcánicas.

JENNY (1941). Definió los factores que intervienen en la formación del suelo, mediante el siguiente modelo, sencillo solo en su presentación:

$$S = f(C, MP, O, R, T)$$

Dónde:

- S : Desarrollo del suelo
- C : Clima
- MP : Material parental
- O : Organismos
- R : Relieve

Según el modelo planteado, el desarrollo del suelo es función de la acción de un clima y sus organismos asociados sobre un material parental, bajo el control de un relieve, durante un determinado período de tiempo. Los factores incluidos en la Ecuación, son los Factores de Formación del Suelo y son los que controlan el accionar de los procesos pedogenéticos, tanto en su tipo como en su intensidad, como se verá más adelante; a continuación se analizan los factores de formación desde el punto de vista del efecto que ejercen en la evolución del suelo.

SIMONSON (1959) representa uno de los primeros esfuerzos para modelar la formación del suelo usando una aproximación de respuestas a procesos y sugiere un esquema generalizado para la organización del estudio de los procesos operativos dentro de los sistemas de suelos.

De acuerdo a Simonson, la génesis del suelo consiste de dos etapas:

1. Acumulación del material parental.
2. Diferenciación de horizontes en el perfil.

Cabe observar que este modelo solamente es aplicable si el paisaje (la superficie en que se desarrolla el suelo) ha permanecido geomorfológicamente inactiva desde la iniciación de la génesis del suelo. Simonson sugiere que la diferenciación en horizontes es una función de ganancias, pérdidas, transferencia y transformaciones dentro de los sistemas de suelos. Estos cuatro procesos son, necesariamente, muy generales de manera de cubrir el rango completo de los procesos específicos que actúan en la génesis del suelo.

El primero, incluye los procesos de Meteorización y Translocación de Crompton, los otros dos corresponden respectivamente al Ciclo Orgánico y a los procesos de Erosión – Aporte Superficial de Crompton.

Honorato (2000). Los procesos evolutivos culminan en un perfil característico, resultante de todas las formaciones bajo ciertas condiciones específicas, ocurridas a partir de la meteorización de las rocas y de la descomposición de los materiales procedentes de organismos y asociaciones con ellas. El proceso es extremadamente lento y no se puede observar en todas sus etapas pero es posible hacer una correlación entre los factores de formación y las características del suelo.

3.3. MUESTREO Y ANÁLISIS DEL SUELO

CLINE (1944). Expresó que el límite de exactitud está dado por el muestreo y no por el análisis. Esto sucede porque a través de pocas muestras (generalmente no más de 1 kg de suelo) se pretende representar la disponibilidad de nutrientes de miles de toneladas de suelo. Tanto es así que 1 kg de suelo significa el 0,0000005 % del peso medio de 1 ha (0-20 cm). Adicionalmente, Si tomamos en cuenta que dentro de la superficie que queremos representar existe una gran variabilidad, la dificultad para realizar un buen muestreo es aún mayor.

Rodríguez et al. (2011). La validez del resultado de un análisis de suelos depende básicamente del grado en que la muestra representa las condiciones que se quieren evaluar y de la precisión del método empleado. Por tal motivo hay factores que deben tomarse en cuenta al efectuarse el muestreo de suelos con fines de fertilidad.

F.A.O (1976). Señala que la finalidad de la descripción de suelos es ofrecer información que permita al lector la comprensión de las características del suelo y compararlas con las de otro suelo de los cuales se pose descripciones o un conocimiento personal. La comparación de descripciones de suelos se facilita cuando en la presentación de datos se observa un ordenamiento sistemático.

Al preparar una descripción, el edafólogo deberá imaginar que el lector no tiene conocimiento alguno del suelo ni de su ubicación, dando al mayor detalle posible al respecto.

FITZPATRICKS, E. (1978), señala que el investigador de suelos al a ser un reconocimiento, no solo observa el suelo superficial en que se desarrolla las plantas, sino que al mismo tiempo, analiza las capas subyacentes. Así mismo considera que los estudios agrologicos representan una tarea científica delicada puesto que se representan arias de transición entre sí.

Además esta transición no se manifiesta en forma clara en la superficie de la tierra y deberá determinarse por medio de las observaciones en el perfil y en cada punto de inspección se registran las propiedades del suelo en un mapa. Por lo que los suelos constituyen el recurso natural más importante en el mundo y en el mapa de suelos es la representación espacial de dichos recursos.

Samuner et al. (2003). La profundidad de muestreo está determinada por el nutriente o propiedad del suelo que se pretende cuantificar. Así, la materia orgánica y el pH se miden habitualmente en la capa superficial (0 – 20 cm) ya que es la profundidad donde ejercen mayor influencia.

Para fosforo también se ha recomendado la profundidad de 0 – 20 cm. La profundidad de 20 – 40 cm no mejora la correlación con el crecimiento y la respuesta a la fertilización, tampoco el muestreo 0 -5 cm mejora dicha correlación.

ICA, (1992). Una muestra del suelo es usualmente empleada para evaluar sus características. La muestra consiste en una mezcla de porciones de suelo (sub muestras) tomadas al azar de un terreno homogéneo.

INPOFOS (1997), El análisis de suelos cumple con dos funciones básicas

- a. indica los niveles nutricionales en el suelo y por lo tanto es útil para desarrollar un programa de fertilización
- b. sirve para monitorear en forma regular los cambios en la fertilidad del suelo que ocurren como consecuencia de la explotación agrícola y los efectos residuales de la aplicación de fertilizantes.

GUTIÉRREZ & RUÍZ, (1997) Es importante que la muestra de suelos sea representativa del terreno que se desea evaluar. Los análisis de suelos en el laboratorio se hacen siguiendo metodologías bastante detalladas y con técnicas analíticas cada vez más exactas y precisas.

SCHOENEGER ET AL., (1998) El objetivo del muestreo define la metodología a emplear. Por ejemplo, el muestreo que se realiza para clasificar taxonómicamente un suelo es diferente del muestreo que se hace para evaluar su fertilidad, propiedades físicas, condiciones hídricas, etc.

U.S.D.A. (1994), define al termino pedón como la mínima área que se debe describir y muestrear en un suelo para tipificar la naturaleza y al arreglo de sus horizontes y la variabilidad en las otras propiedades que se manifiestan en las muestras.

También define el término polipedón como unidad de clasificación para el reconocimientos de los suelos; y se localiza en lugares donde habido o existen diferencias importantes en uno o más de los factores de formación del suelo, principalmente por su influencia en el régimen de de humedad del suelo tal como el “ustic”; y el régimen de temperatura tal como el “mesic” incluyendo así mismo los horizontes de diagnóstico superficiales como el “Ochric” (**U.S.D.A 2009**).

Estrada, J. (1973). Señala que la interpretación científica de los análisis de suelos y de los consejos del especialista dependerá el éxito de la actividad agrícola. O cuando menos se disminuirá enormemente las posibilidades de error y de gastos innecesarios, indica además que son muchos los casos que pueden conducir a las necesidades y uso de un análisis, enumerando algunos.

- ✓ Estudio de suelos con miras de clasificación taxonómica.
- ✓ Incorporación de áreas nuevas para el cultivo mediante proyectos de irrigación y/o colonización.
- ✓ Reconocimiento y mapeo de suelos para la evaluación de problemas especiales.
- ✓ Cambio en el tipo de explotación agrícola.
- ✓ Evaluación del efecto de aplicación de diversos fertilizantes y/o material de enmienda.
- ✓ Valorización de tierras, así como determinar su calidad.

U.S.D.A. 2010. En el sitio seleccionado se abre un perfil del cual se obtienen muestras de cada uno de los horizontes que lo constituyen y se describen las condiciones generales del sitio de referencia como: clima, topografía, vegetación geología, altitud, longitud, latitud, etc. Una vez obtenidas las muestras se analizan en laboratorio de acuerdo a sus características físicas, químicas, descripción del perfil y datos adicionales.

GUERRERO A. (1990). Los análisis de suelos tienen como objetivo principal el poder evaluar el nivel de fertilidad de un suelo. Los análisis de laboratorio constituyen un medio para realizar un inventario del estado químico de los suelos y para determinar el tratamiento que se necesita (FAO, boletín 9, 1986). La información obtenida del análisis físico - químico del suelo, junto con la evaluación de las necesidades del cultivo concreto, orientan para determinar las cantidades que se requerirán de los diferentes nutrientes, así como las posibles enmiendas al suelo.

FUENTES J. (1983). El análisis del suelo es fundamental para racionalizar el abonado, ya que al conocer la disponibilidad de los elementos nutritivos rápidamente asimilables por las plantas permite abonar de una forma más ajustada a las necesidades de los cultivos.

En un sentido amplio el análisis de suelo comprende las siguientes operaciones: toma de muestras de tierra, estudio físico - químico de las mismas, interpretación de los resultados y recomendaciones dadas a la vista de estos resultados.

3.4. DESCRIPCIÓN DE LOS HORIZONTES DEL SUELO

Buol et al. (2000). Da a conocer que los Horizontes maestros o mayores se designan con letras mayúsculas, las subdivisiones de los horizontes maestros se designan con números arábigos, y los clasifica en dos grupos:

Horizontes orgánicos:

- ✓ Están formados o en formación en la parte superior de los suelos minerales.
- ✓ Contienen más del 30 % de materia orgánica cuando la fracción mineral posea más del 50 % de arcilla.
- ✓ Contienen más del 20 % de materia orgánica, si la fracción mineral no posee arcilla.

O1: Son horizontes orgánicos en los cuales los restos vegetales depuestos se encuentran en descomposición. Frecuentemente los residuos orgánicos vegetales o los residuos pos mortales de la fauna, es posible identificarlos de donde provienen, pues aún se pueden visualizar sus formas y tamaños.

O2: Son horizontes orgánicos donde la descomposición y transformación es tal, que ya no se puede reconocer la forma original de la mayor parte de los materiales o los restos vegetales o animales depositados.

Horizontes minerales: consideramos aquí solo los horizontes A, B, C y R.

A1: Es un horizonte mineral formado o en formación junto a la superficie. Tienen como principal característica, la acumulación de Materia Orgánica humificada, íntimamente asociada a la fracción mineral. Es generalmente, aunque no siempre, el horizonte más oscuro del perfil.

A2: Es el horizonte mineral en que se destaca la mayor lixiviación el mayor lavado de arcilla, hierro y aluminio. Se diferencia de A1, por ser de color más claro y por tener un porcentaje menor de MO.

AB: Horizonte de transición entre A y B.

AC: Es también un horizonte transicional poco común entre A y C que tiene tanto propiedades de uno como de otro, pero no está dominado por las propiedades ni por las características de A ni de C, siendo más bien intermedio entre ambos.

B: Horizontes de concentración iluvial (proveniente en su mayoría del lavado de A o de otras partes del suelo) de arcillas silicatadas, humus, óxidos hidratados de hierro o aluminio etc., que se pueden encontrar solos o acompañados, que no se hayan formado a partir de la eliminación de carbonatos o de sales solubles.

El revestimiento de sesquióxidos puede ser suficiente para que resulte en un color más oscuro incluso más fuerte o más rojo que el de los horizontes vecinos, pero sin una aparente acumulación de hierro en otros horizontes. Incluso si no se dan algunas de estas condiciones, una alteración de la condición original del material que hace desaparecer la estructura de la roca original que forma arcillas de silicatos, libera óxidos o ambas cosas y forma estructuras granulares de bloques o prismáticos, si en las texturas los cambios de volumen van acompañados de cambios en el contenido de agua.

B1: Es un horizonte de transición entre A2 y B, o entre A1 y A2.

B2: Es la parte del horizonte B donde las propiedades en las cuales se basa el B, carecen de caracteres subordinados netos, que indiquen que el horizonte es transicional a un A adyacente por encima de un C o de un R, adyacentes por debajo, es una capa del perfil del suelo donde se da la mayor concentración de elementos provenientes del arrastre de los horizontes superiores.

B3: Este horizonte indica que existe una transición entre B y C.

C: Es un horizonte o una capa mineral que no comprende el estrato rocoso y que puede ser similar o no, al material del cual presumiblemente se formaron los horizontes A y B. Es un horizonte además, poco modificado por los diferentes procesos pedogenéticos por encontrarse muy profundo, por lo que si queda expuesto por alguna razón, los mismos actúan con mayor vigor. Es importante destacar que el horizonte C puede no ser material madre propiamente dicho, sino que simplemente se puede parecer a él. También puede llamarse material parental.

R: Es la roca madre que dio origen al suelo (pero puede o no serlo), suprayacente a él. Puede darse el caso de que exista una discontinuidad litológica y en ese caso se debe usar un número romano correspondiente para denotarlo. Estrato rocoso consolidado subyacente compuesto por granitos, areniscas, calizas, basaltos, etc.

3.5. CLASIFICACIÓN DE SUELOS

El sistema de clasificación taxonómica es el “Soil Taxonomy” publicado por el departamento de agricultura de los estados unidos(USDA) en su doceava edición del año 2014 , en un sistema multicategorico que consta de seis categorías: orden, sub orden, gran grupo, sub grupo, familia y serie de suelos. Este sistema tiene dentro de su estructura hasta la fecha doce órdenes de suelos, los cuales en su mayoría se encuentran en el territorio nacional.

El sistema de clasificación adoptado, para la aptitud del uso de la tierra, es el del reglamento de clasificación de tierras del ministerio de agricultura del Perú, en términos de capacidad de uso mayor, según D.S.N ° 017- 2009 – AG del 2 de setiembre del 2009.

La capacidad de uso mayor de las tierras se refiere al mejor aprovechamiento que se puede dar a los suelos identificados. Para ello se relacionan las propiedades físico-químicas y biológicas del suelo con las características del ambiente que los rodea.

El resultado lleva a la delimitación de áreas que pueden ser dedicadas a propósitos definidos. Comprende tres categorías de clasificación: grupo, clase, sub clase. Las cuales se encuentran en el cuadro N° 1.

CUADRO N° 01. Esquema de clasificación de suelos por capacidad de uso mayor

Grupo de uso mayor	Clase (calidad agrologica)	Sub clase (limitaciones o deficiencias)
Tierras para cultivos en limpio (A)	Alta (A1) media (A2) baja (A3)	No hay limitaciones. A partir de la clase A2 se presentan una o más de las siguientes limitaciones o deficiencias: Suelos(s) Drenajes(w) Erosión(e) Clima(c) Salinidad(l) Inundación(i)
Tierras para cultivos permanentes (C)	Alta (C1) media (C2) baja (C3)	
Tierras para pastos (P)	Alta (P1) media (P2) baja (P3)	
Tierras para forestales de producción (F)	Alta (F1) Media (F2) Baja (F3)	
Tierras de protección (X)		

Fuente: D.S017- 2009 – AG

El grupo es la categoría que representa la más alta abstracción agrupando los suelos de acuerdo a su capacidad máxima de uso. Reúne suelos que presentan características y capacidades similares en cuanto a su aptitud natural para la producción, ya sea de cultivos en limpio o intensivos, cultivos permanentes, pastos y producción forestal, constituyendo el resto a fines de protección.

Las tierras de protección no presentan las condiciones ecológicas mínimas requeridas para cultivos, pastoreo o producción forestal. Se incluyen dentro de este grupo los picos, nevados, pantanos, playas, cauces de ríos y otras tierras, que aunque presentan vegetación natural boscosa, arbustiva o herbácea, su uso en actividades agropecuarias o forestales no es económico y deben ser manejadas con fines de protección de cuencas hidrográficas, vida silvestre, paisajístico, científico, recreativos y otros que impliquen beneficio colectivo o interés social.

La clase agrupa los suelos en base a su calidad agrologica, la cual es la síntesis que traduce la fertilidad, condiciones físicas, relaciones suelo – agua y las características climáticas dominantes. Representa el resumen de la potencialidad del suelo, existiendo tres clases de calidad agrologica: alta, media y baja.

La sub clase constituye una categoría establecida en función de los factores limitantes y de los riesgos que restringen el uso del suelo. Se reconocen seis factores limitantes: suelo (s), clima (c), topografía – erosión (e), drenaje (w), salinidad (l) e inundación (i).

3.6. GRADO DE LA PENDIENTE

La pendiente constituye un elemento importante dentro del factor topográfico y está vinculada a la susceptibilidad de los suelos a la erosión y sus condiciones de aptitud para el riego.

Cuadro N° 2. Rangos de fases por pendiente

CLASE	RANGO (%)	TERMINO DESCRIPTIVO
A	0 – 2	plana casi a nivel
B	2 – 4	ligeramente inclinada
C	4 – 8	moderadamente inclinada
D	8 – 15	fuertemente inclinada
E	15 - 25	moderadamente empinada
F	25 – 50	empinada
G	50 – 75	muy empinada
H	>75	extremadamente empinada

Fuente: D.S. 017 – 2009 – AG

Es importante la determinación de su valor, la cual debe tenerse en cuenta para nivelación con fines de riego.

3.7. FERTILIDAD DEL SUELO

Sánchez, J. (2007). La fertilidad del suelo es una es una cualidad resultante de la interacción entre las características físicas, químicas y biológicas del mismo y que consiste en la capacidad de poder suministrar condiciones necesarias para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

En lo referente al suministro de condiciones óptimas para el asentamiento de las plantas, estas características no actúan independientemente, sino en armónica correlación, que en conjunto determinan la fertilidad del suelo. Por, ejemplo un suelo puede estar provisto de suficientes elementos minerales (fertilidad química) pero que no está provisto de buenas condiciones físicas y viceversa.

Igualmente, la fertilidad del suelo no es suficiente para el crecimiento de las plantas; el clima juega un papel importante y determinante en muchos casos por ejemplo se puede tener un suelo fértil y que dadas las temperaturas extremas no es capaz de producir buenas cosechas, entonces es un suelo fértil no productivo.

Carefoot et al. (1989) la absorción de nitrógeno puede tener una correlación más alta con N a 0 – 30 cm que a 0 – 60 cm (por otro lado, el N en el suelo por debajo de los 30 cm no afecta tanto la recomendación de fertilización como el N en los primeros 30 cm).

Diario oficial el peruano (2009). Relacionada al contenido de macronutrientes: materia orgánica (nitrógeno), fósforo y potasio de la capa superficial del suelo, hasta 30 cm de espesor su valor alto medio o bajo se determina aplicándose la ley del mínimo, ello quiere decir que es definida por el parámetro que presenta el menor valor. Mediante D.S N017 - 2009 – AG.

Cuadro N° 3. Valores críticos para la interpretación de los niveles de fertilidad

NIVEL	M.O %	P ppm	K ppm
Bajo	< 2	< 7	< 100
Medio	2 - 4	7 - 14	100 - 240
Alto	> 4	> 14	> 240

Fuente: D.S N° 017- 2009-AG

3.8. CULTIVO DE LA ZONA EN ESTUDIO

3.8.1. El Banano

El banano se define como una planta herbácea con pseudotallos aéreos que se originan de cormos carnosos, en los que se desarrollan numerosas yemas laterales o "hijos". Las hojas tienen una distribución helicoidal (filotaxia espiral) y las bases foliares circundan el tallo (o cormo) dando origen al pseudotallo. La inflorescencia es terminal y crece a través del centro del pseudotallo hasta alcanzar la superficie (Soto, 2008).

3.8.2. Origen del cultivo de banano

El plátano tiene su origen probablemente en la región indomalaya donde han sido cultivados desde hace miles de años. Desde Indonesia se propagó hacia el sur y el oeste, alcanzando Hawái y la Polinesia. Los comerciantes europeos llevaron noticias del árbol a Europa alrededor del siglo III A. C. aunque no fue introducido hasta el siglo X. de las plantaciones de África occidental. Los colonizadores portugueses lo llevarían a Sudamérica en el siglo XVI, concretamente a Santo Domingo.

3.8.3. Taxonomía:

Soto, M. (2008) el banano tiene la siguiente clasificación taxonómica:

Reino	: Plantae
División	: Magnoliophyta
Clase	: Liliopsida
Orden	: Zingiberales
Familia	: Musaceae
Género	: Musa
Especie	: M. paradisiaca
Nombre binomial	: <u>Musa paradisiaca</u> L.

3.8.4. Requerimientos Edafoclimáticos:

a) Altitud

Las zonas comprendidas entre los 0 y 30 msnm son las adecuadas para el desarrollo del cultivo. No obstante, el banano se adapta a alturas que alcanzan hasta los 2,200 msnm.

b) Requerimientos de agua

Los requerimientos de agua en la planta de banano son altos debido a su naturaleza herbácea y a su gran superficie foliar expuesta a la evapotranspiración. Aproximadamente, el 85-88% del peso del banano está constituido por agua; por lo tanto, requiere un suministro mensual durante todo el año de aproximadamente 1,200 a 1,300 m³/ha.

Por tanto, las necesidades de agua son elevadas. En caso de no ser proporcionadas por la lluvia han de ser aportadas por riegos regulares y constantes. Sin el riego, la sequía provoca la desecación de las hojas, empezando por las más viejas, luego la marchitez de las vainas y finalmente la rotura del pseudotallo. El bulbo, por el contrario, resiste fácilmente a una desecación prolongada y conserva la facultad de volver a producir hojas mucho después de la desaparición del pseudotallo.

Se recomienda sembrar banano en aquellas zonas que tengan niveles de precipitación que oscilen entre 2,000 y 3,000 mm muy bien distribuidos a lo largo del año. Se considera que 100 mm mensuales de lluvia son satisfactorios. En el valle del Chira, se realiza el riego entre los meses de abril y noviembre, periodo en que se presentan condiciones de sequía. Para las prácticas de riego tradicional por gravedad, se recomienda que las frecuencias de riego se realicen cada 15 a 20 días en verano y en invierno cada 20 a 25 días.

c) Temperatura.

La temperatura media óptima para el cultivo es de 25°C. Un rango de temperaturas entre 25 a 30°C favorece su desarrollo. Cuanto más baja sea la temperatura el ciclo vegetativo del cultivo se prolonga. La actividad vegetativa de la planta queda fuertemente reducida cuando la temperatura baja de los 16°C, paralizándose completamente la salida de hojas. Por debajo de esta temperatura, las vainas foliares crecen muy juntas, lo cual se conoce como “arrepollamiento”, que dificulta la emisión de la inflorescencia o parición. Una situación extrema se genera cuando las temperaturas llegan a los 12°C, ya que en este momento la fructificación se detiene.

d) Luminosidad

El banano se cultiva en condiciones de variada iluminación. Aunque, una cierta reducción de la iluminación, no interrumpe la salida de las hojas de la bananera; sin embargo, alarga considerablemente su ciclo vegetativo, por lo que esta planta prefiere zonas de sol y despejadas de nubes. Bajo condiciones de baja luminosidad, día sombrío y frío; el ciclo vegetativo se alarga notablemente y pasa de 8.5 meses (en plantaciones bien expuestas a la luz), hasta 14 meses en plantas que crecen en la penumbra.

e) Vientos

El viento es un factor a tener muy en cuenta al momento de establecer una plantación de banano, debido a su naturaleza herbácea, sus hojas laminares y su sistema radical superficial. No se recomienda aquellas zonas que estén expuestas a velocidades de viento mayores a 20 km/hora.

3.8.5. El Suelo

Los mejores suelos para el cultivo de banano son aquellos de formación aluvial y que se encuentran en los valles costeros, de textura arenosa, pero suficientemente provistos de arcilla y limo para retener el agua. Suelos con buena estructura y gran porosidad y que posean buen drenaje, favorecen el desarrollo de la planta. El exceso de humedad produce un mal desarrollo de la planta y la pudrición de sus raíces.

Los tipos de suelo más recomendables para obtener una buena cosecha económica de banano son los suelos de textura media, desde franco arenoso, muy fino y fino, hasta franco arcilloso.

Como norma general, puede decirse que los mejores suelos para el cultivo del banano son aquellos con altos contenidos de nutrientes, bien balanceados y complementados con el abonamiento, procurando suplir la extracción de minerales que se da con las cosechas y las pérdidas que se producen por el proceso de lixiviación.

El banano ofrece una gran tolerancia orgánica, pues vegeta sobre suelos cuya reacción varía de pH 4.5 a pH 8, pero, las plantaciones de mejor aspecto se encuentran en condiciones ligeramente ácidas o muy ligeramente alcalinas: pH 6 a 7.5. La condición ideal de pH del suelo es de 6.5.

3.8.6. Fertilización.

Al hablar de fertilización, hay que tener presente que los rendimientos y la calidad de la producción guarda una relación muy estrecha con el contenido, la disponibilidad y el balance de los elementos nutritivos que requiere la planta de banano. La nutrición es un proceso bastante complejo que no depende únicamente de la presencia o existencia de los diferentes elementos nutritivos en el suelo, sino también de interacciones entre la planta y el ambiente.

Las primeras fases de crecimiento de las plantas son decisivas para el desarrollo futuro, por tanto es recomendable en el momento de la siembra utilizar un fertilizante rico en fósforo. Cuando no se haya realizado abonado inicial, la primera fertilización tendrá lugar cuando la planta tenga entre 3 y 5 semanas, recomendándose abonar al pie en vez de distribuir el abono por todo el terreno, ya que esta planta extiende poco las raíces. En condiciones tropicales, los compuestos nitrogenados se lavan rápidamente, por tanto se recomienda fraccionar la aplicación de este elemento a lo largo del ciclo vegetativo.

A los dos meses, es recomendable aportar fuente nitrogenada, repitiendo a los 3 y 4 meses. Al quinto mes se debe realizar una aplicación de un fertilizante rico en potasio, por ser uno de los elementos más importantes para la fructificación del cultivo.

En plantaciones adultas, se seguirá empleando una fórmula rica en potasio (500g de sulfato o cloruro potásico), distribuida en el mayor número de aplicaciones anuales, sobre todo en suelos ácidos. Se tendrá en cuenta el análisis de suelo para determinar con mayor exactitud las condiciones actuales de fertilidad del mismo y elaborar un adecuado programa de fertilización.

El uso de abonado orgánico es adecuado en este cultivo no sólo porque mejora las condiciones físicas del suelo, sino porque aporta elementos nutritivos. Entre los efectos favorables del uso de materia orgánica, está el mejoramiento de la estructura del suelo, un mayor ligamento de las partículas del suelo y el aumento de la capacidad de intercambio.

3.9. HIPÓTESIS

3.9.1. HIPÓTESIS GENERAL:

El nivel de fertilidad de suelos en el Valle del Chira está determinado por la correlación entre sus variables físicas y químicas.

3.9.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS:

- La caracterización fisicoquímica de muestras de suelos provenientes del Valle del Chira permitirá determinar el nivel de fertilidad de los mismos y su potencial productivo para el cultivo de banano orgánico.
- Existe una correlación, entre características físicas y químicas, en los resultados de análisis de las muestras de suelos provenientes del valle del Chira.
- La integración e interpretación de las características de los suelos permitirán establecer indicadores del nivel de fertilidad de los suelos.
- La caracterización de suelos permitirá establecer de manera apropiada, recomendaciones para la fertilización y manejo de suelos para el uso sostenible del recurso.

CAPÍTULO IV

4. MATERIALES Y MÉTODOS.

4.1 . Localización del área de estudio.

El área de estudio se encuentra ubicada en el Valle del río Chira, en territorios perteneciente a las provincias de Sullana y Paita, en la Región Piura, al Noroeste del Perú. La ubicación geográfica se visualiza en el siguiente cuadro y figura.

Cuadro N°4. Ubicación geográfica del área de estudio.

Punto de referencia	Latitud	Longitud	Altitud
Zona baja de la Presa de Poechos, en el distrito de Sullana, provincia de Sullana	4°41'12.03"S	80°30'49.80"O	90 msnm
Desembocadura en el océano Pacífico, en el distrito de Colán, provincia de Paita.	4°54'12.89"S	81° 7'29.39"O	2 msnm

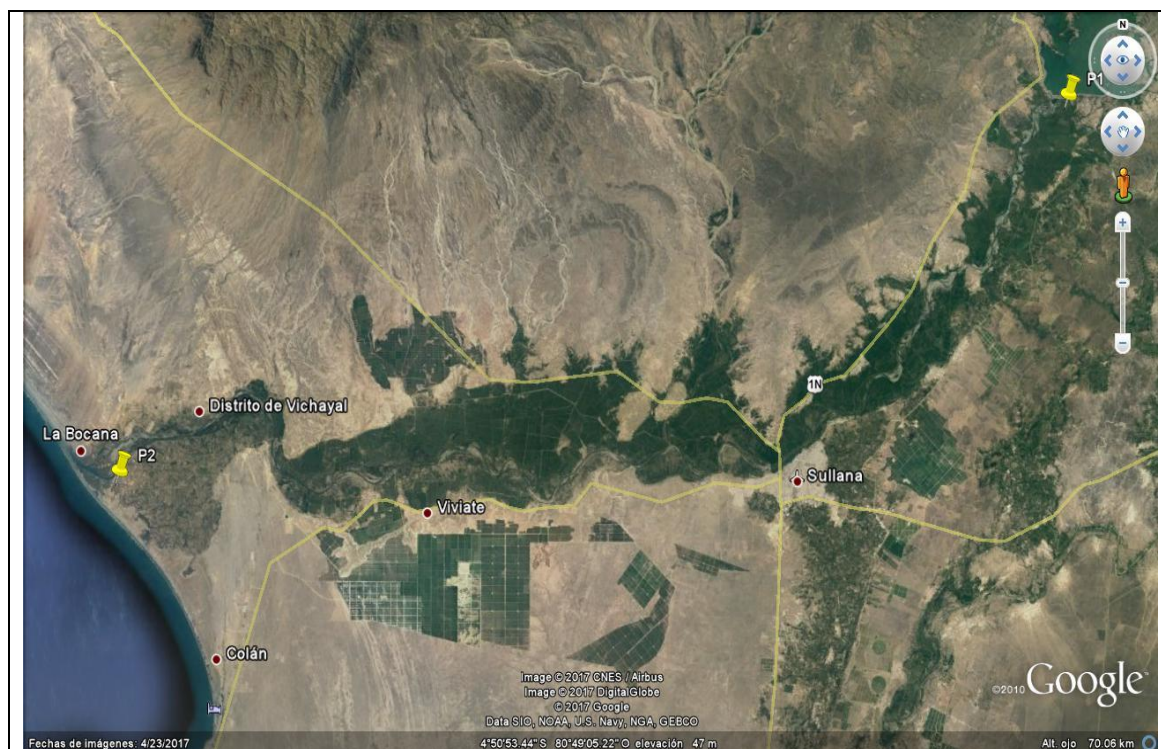


Figura N°1: Ubicación del área de estudio en el Valle del Río Chira.

El presente trabajo de investigación se realizó a partir de muestras de suelo (148 muestras en total) provenientes predios de pequeños productores de banano orgánico en diferentes sectores que conforman el valle del Chira.

Duración del experimento

El presente trabajo de investigación se inició el 02 de mayo y culminó el 15 de diciembre del 2017.

4.2 . Materiales y Equipos.

4.2.1. Material Cartográfico Básico

- Cartas Nacionales a escala 1:100 000. Fuente: Región Piura (2010).
- Imágenes de Satélite Landsat a escala 1:250 000. Fuente Google Earth (30/12/2017)
- Mapas temáticos (geológicos, zona de vida) realizados en el área de estudios. Fuente: Región Piura (2010).

4.2.2. Equipos y Material de Campo

- Barretas, palanas.
- Bolsas plásticas, fichas de identificación.
- Portaminas, plumones, libreta de campo, tabla “Münsell”.
- Cámara fotográfica digital, GPS, altímetro.
- Etiquetas, cinta “masking tape”, cinta de embalaje, etiquetas autoadhesivas.
- Sacos, etc.

4.2.3. Equipos y Material de Laboratorio

Los reactivos, materiales y equipos adecuados para el análisis físico químico de los suelos que se realizó en el laboratorio de análisis de suelos de la facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Piura, fueron:

- | | |
|----------------------|-------------------|
| - Tamices | - Papel |
| - Mortero | - Probetas |
| - Estufa | - Fiolas |
| - Balanza | - Picetas |
| - Agitador magnético | - Pipetas |
| - Termómetro | - Vasos |
| - Hidrómetro | - Embudos |
| - Potenciómetro | - Reactivos, etc. |

4.2.4. Material de Gabinete y/o Escritorio.

- Equipo de cómputo.
- Software.
- Materiales para procesamiento automático de datos.
- Material de oficina: papel dina A4, lapiceros, lápiz, regla, etc.

4.3. Metodología del Estudio

Los métodos utilizados en el presente estudio obedecen a las Normas Legales existentes para Levantamiento de Suelos, detalladas en el Decreto Supremo N° 013-2010-AG. La Metodología para los análisis de suelos en laboratorio sigue los estándares aplicados a nivel nacional.

La Metodología para la realización del Trabajo de Investigación se ejecutó en tres etapas generales:

A. Trabajo en Gabinete: el trabajo de gabinete estuvo constituido por 2 fases: la fase inicial y la fase final.

1.- Fase inicial:

- Determinación del área de estudio.
- Recopilación y adquisición de material e Información existente (cartografía, antecedentes del cultivo, necesidades del cultivo, problemas agrícolas del área).
- Preparación de mapa base, donde se localizarán los puntos de muestro en los cultivos bananeros.
- Establecer los parámetros de calidad del suelo para los suelos bananeros, según los criterios de indicadores de calidad de suelo.

2.- Fase final:

- Identificación, descripción, de las unidades de suelos estudiadas.
- Evaluación de los indicadores de calidad del suelo.
- Determinación de la calidad del suelo, a través de la interpretación de las características edáficas y parámetros de calidad del suelo.

- Se hizo el análisis estadístico de correlación, bivariado y multivariado, de ser necesario, entre características físicas y químicas con los resultados del análisis de caracterización, de muestras de suelos provenientes del valle del Chira
- Elaboración de Informe Final.

B. Campo.

- Reconocimiento preliminar del área de estudio.
- Estudio sistemático de campo.
- Muestreo de suelos y recopilación de las muestras de suelos, para su estudio en laboratorio.

Se realizó un muestreo superficial el cual consiste en el siguiente procedimiento:

Se hizo un diseño de trayectoria en zigzag, de tal forma que toda el área de estudio esté representada, este muestreo se realizó a una profundidad de 30 cm., en 10 puntos individuales, para cada parcela demostrativa, los cuales fueron reunidos en un costal, luego mezclados y homogenizados hasta obtener por el método del cuarteo una muestra compuesta.

C. Laboratorio.

- Las muestras tomadas en campo fueron llevadas al laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía, de la Universidad Nacional de Piura (para los análisis físicoquímicos del suelo)
- Se hizo un tratamiento previo en laboratorio: secado de las muestras, molienda y tamizado de las mismas.
- La metodología utilizada en el laboratorio se enumera en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 5: Características y métodos empleados en el laboratorio para el análisis de suelos.

CARACTERÍSTICAS	MÉTODOS
Textura de Suelos	Método de Sedimentación con el Hidrómetro de Bouyoucos
Conductividad Eléctrica	Lectura del extracto de saturación en Radiómetro
pH	Método del Potenciómetro, relación suelo agua 1:2.5
Calcáreo Total	Método gaso – volumétrico o del Calcímetro
Materia Orgánica	Método de Walkley y Black, oxidación del carbono
Fósforo Disponible	Método de Olsen, Extractor NaHCO_3 0.5M, pH 8.5; para suelos neutros a alcalinos. Método de Bray para suelos ácidos.
Potasio Disponible	Método de Peech, extractor Acetato de Sodio, pH 4.8
Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)	Método del Acetato de Amonio 1N, pH 7.0
Cationes Cambiables	Determinaciones en el Extracto de Amonio:
Ca⁺⁺:	Método del E.D.T.A
Mg⁺⁺:	Método del E.D.T.A
K⁺:	Fotómetro de Llama
Na⁺:	Fotómetro de Llama

Fuente: D.S. 013-2010-AG.

4.4. Determinación de la densidad aparente

Método del terrón revestido con parafina (Blake, C.R. 1965)

Para este método se trabajó con terrones de regular tamaño y lo más uniformes posibles.

4.5. Determinación del nivel de fertilidad de los suelos según sus indicadores

Para determinar el nivel de fertilidad de los suelos en estudio, se ha seleccionado ocho características del suelo, entre las cuales se tiene: reacción del suelo (pH), conductividad eléctrica (CE), contenido de carbonatos (CO_3Ca), contenido de materia orgánica (M.O), contenido de nitrógeno (N), contenido de fósforo disponible (P), contenido de potasio disponible (K) y capacidad de intercambio catiónico (CIC).

Los valores encontrados en los análisis de laboratorio, para cada uno de los parámetros seleccionados, han sido jerarquizados por rangos, cada rango tiene un valor creciente desde los valores bajos, que representan condiciones poco óptimas para el crecimiento de las plantas, hasta los valores más altos, que representan a los valores óptimos para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Para todos los parámetros se han definido cuatro rangos de valores, a los cuales se les ha dado un peso en valores de 1 a 4, lo cual permitirá finalmente definir una matriz de ponderaciones promedio, para determinar el nivel de fertilidad. El máximo nivel de fertilidad ponderado será de 4 y el mínimo será de 1, tal como se puede apreciar en los siguientes cuadros.

Cuadro N° 6: Ponderaciones para el nivel de fertilidad del suelo, de acuerdo al indicador reacción del suelo (pH)

pH	Ponderación
6.8 - 7.1	4
7.2 - 7.5	3
7.6 - 7.9	2
≥ 8.0	1

Cuadro N° 7 Ponderaciones para el nivel de fertilidad del suelo, de acuerdo al indicador conductividad eléctrica (CE), de acuerdo a lineamientos FAO.

CE dS/m	Ponderación
0.2 - 0.5	4
0.5 - 1.0	3
1.0 - 2.0	2
> 2.0	1

Cuadro N° 8 Ponderaciones para el nivel de fertilidad del suelo, de acuerdo al indicador contenido de carbonatos (CO₃Ca)

% CO₃Ca	Ponderación
< 1	4
1.0 - 5.0	3
5.0 - 10.0	2
> 10.0	1

Cuadro N° 9: Ponderaciones para el nivel de fertilidad del suelo, de acuerdo al indicador contenido de materia orgánica (M.O)

% M.O	Ponderación
>4	4
03 - 04	3
02 - 03	2
< 2	1

Cuadro N° 10: Ponderaciones para el nivel de fertilidad del suelo, de acuerdo al indicador contenido de nitrógeno (N)

% N	Ponderación
> 0.2	4
0.15 - 0.20	3
0.1 - 0.15	2
< 0.1	1

Cuadro N° 11: Ponderaciones para el nivel de fertilidad del suelo, de acuerdo al indicador contenido de fosforo disponible (P)

P disponible ppm	Ponderación
> 14	4
10.5 - 14	3
7 - 10.5	2
< 7	1

Cuadro N° 12: Ponderaciones para el nivel de fertilidad del suelo, de acuerdo al indicador contenido de potasio disponible (K)

K disponible ppm	Ponderación
> 240	4
170 - 240	3
100 - 170	2
< 100	1

Cuadro N° 13: Ponderaciones para el nivel de fertilidad del suelo, de acuerdo al indicador capacidad de intercambio catiónico (CIC)

CIC meq./100 gr suelo	Ponderación
>14	4
12 - 14	3
10 - 12	2
< 10	1

Cuadro N° 14: Clasificación del nivel de fertilidad del suelo, de acuerdo con el promedio de los valores ponderados, para los 8 parámetros seleccionados.

Rango de ponderaciones	Clasificación
1 - 2	Bajo
2 - 3	Medio
3 - 4	Alto

CAPÍTULO V

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presentan los resultados de las 148 muestras de los suelos estudiados provenientes del valle del Chira – Piura

5.1 Conductividad eléctrica (CE)

La conductividad eléctrica del suelo es un parámetro que sirve para clasificar a un suelo si es o no es salino. Este parámetro permite determinar la concentración de sales presentes en el suelo y las consecuencias que puede ocasionar en la absorción de agua y nutrientes por el sistema radicular, en el metabolismo de las plantas y el crecimiento y desarrollo de los cultivos.

La conductividad eléctrica dS/m (mmhos/cm) de los suelos que se han estudiado, se encuentra en un rango que va desde 0.15 – 2.87 dS/m, con un promedio de 0.78, los cuales son niveles bajos de salinidad. Sin embargo, se observa en algunas publicaciones que el banano es sensible a la presencia de sales en el suelo, indican que a partir de 1.3 dS/m, la producción del cultivo empieza a ser afectada. (Ver Cuadro N° 15 y grafico N°1).

Los mayores niveles de conductividad eléctrica están relacionados con la naturaleza del suelo y con el manejo del agua y los problemas de mal drenaje. Los suelos derivados de sedimentos marinos (terrazas marinas), o con influencia de ellos, presentan niveles mayores de conductividad eléctrica. Los suelos sometidos a mal drenaje por el mal manejo del agua de riego, están expuestos a un mayor riesgo por salinización.

A partir de los resultados obtenidos podemos decir que el nivel de salinidad en los suelos estudiados no es significativo, pues está por debajo del nivel crítico que es 4 dS/m (concepto tradicionalmente usado). En el caso del cultivo de banano, se considera como valor crítico 2 dS/m.

Cuadro N° 15: Valores de conductividad eléctrica de los suelos estudiados.

MUEST.	CE dS/m	MUEST.	CE dS/m	MUEST.	CE dS/m	MUEST.	CE Ds/m
1	0.42	38	0.36	75	0.43	112	0.74
2	0.73	39	0.31	76	2.10	113	0.60
3	0.57	40	0.35	77	0.50	114	0.66
4	0.78	41	0.55	78	0.51	115	0.52
5	0.50	42	0.21	79	0.41	116	0.44
6	0.61	43	0.48	80	0.33	117	0.46
7	0.55	44	0.73	81	0.36	118	0.61
8	0.35	45	0.92	82	1.32	119	0.53
9	0.50	46	0.60	83	1.27	120	0.54
10	2.01	47	0.68	84	0.75	121	0.44
11	0.44	48	0.58	85	0.32	122	0.79
12	0.69	49	0.62	86	1.18	123	0.48
13	0.66	50	0.42	87	0.68	124	0.46
14	0.58	51	0.37	88	0.50	125	0.87
15	0.37	52	0.54	89	0.63	126	2.65
16	0.49	53	0.52	90	0.79	127	0.55
17	0.57	54	0.55	91	2.87	128	0.46
18	0.77	55	0.68	92	0.53	129	0.80
19	0.66	56	0.46	93	0.15	130	0.67
20	0.56	57	0.51	94	0.66	131	0.71
21	0.70	58	0.55	95	0.50	132	0.22
22	0.46	59	0.61	96	0.66	133	0.25
23	0.70	60	16.60	97	0.57	134	0.48
24	0.60	61	0.40	98	0.48	135	0.30
25	0.98	62	1.44	99	0.58	136	0.73
26	0.42	63	0.61	100	0.38	137	0.53
27	0.65	64	2.06	101	0.60	138	0.33
28	0.77	65	0.48	102	0.78	139	0.44
29	0.47	66	0.66	103	1.05	140	0.36
30	0.52	67	0.54	104	0.38	141	0.57
31	0.66	68	0.51	105	2.03	142	0.51
32	0.66	69	0.78	106	0.99	143	0.51
33	0.72	70	1.36	107	0.76	144	0.66
34	0.37	71	0.94	108	0.73	145	1.30
35	0.50	72	0.43	109	0.51	146	1.18
36	2.23	73	0.48	110	0.90	147	0.43
37	0.34	74	0.43	111	0.70	148	0.25

Las sales presentes en el suelo aumentan el potencial osmótico de la solución del suelo, disminuyendo de esta manera la disponibilidad de agua para las plantas, a pesar de que el suelo presenta niveles de humedad aparentemente apropiados para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Tal como se mencionó anteriormente La conductividad eléctrica de las muestras de suelos presentan niveles de salinidad desde 0.15 a 2.87 dS/m. lo cual los califica como suelos bajos en sales. Sin embargo el banano es sensible a la presencia de sales en el suelo a partir de 1.3 dS/m, pues a partir de este nivel de salinidad en los suelos la producción del cultivo empieza a ser afectada. Según los resultados obtenidos se puede apreciar que el 92% de las muestras analizadas presenta niveles de salinidad por debajo de 1.3dS/m, con lo cual se puede afirmar que la mayoría de estos suelos no presenta problemas respecto al contenido de sales presentes en los mismos y por ende la producción de estos no se vería afectada con respecto a esta variable. Tal como se puede observar en el grafico N°.01.

De forma general se debe tener en cuenta la Calidad del agua de riego (contenido de sales), manejo adecuado del volumen y frecuencia de riego, el sistema de drenaje adecuado, entre otras consideraciones. Principalmente en aquellos suelos que presentan niveles de salinidad por encima de 1.3 dS/m.

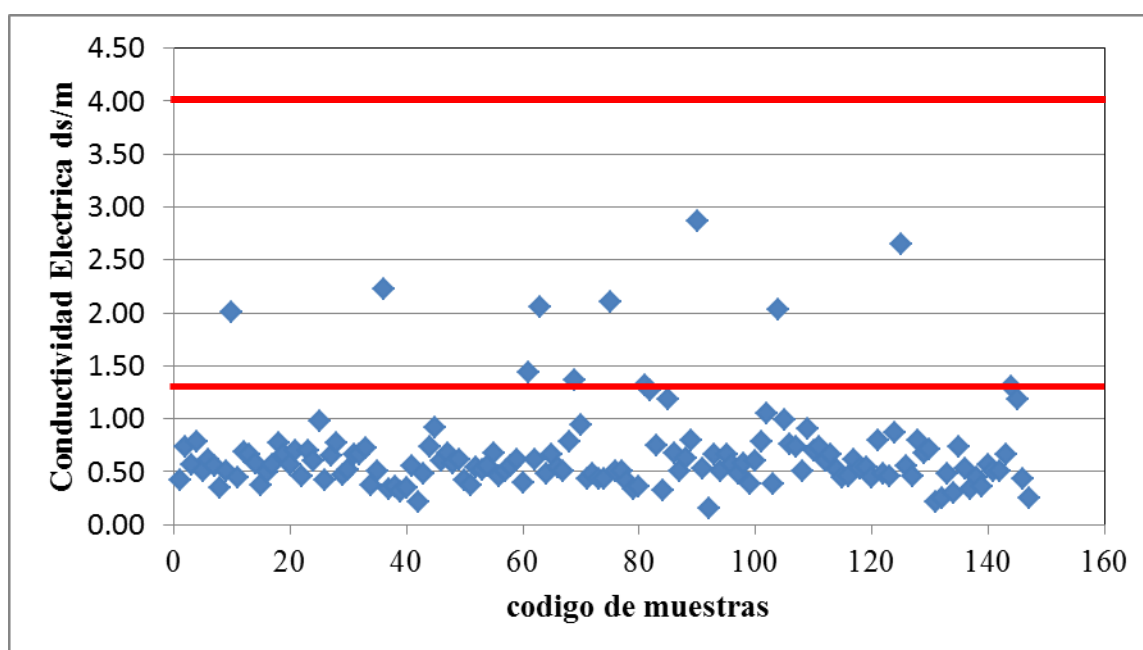


Gráfico N° 1. Conductividad eléctrica de los suelos

5.2 Reacción del suelo (pH)

El pH del suelo es una de las determinaciones químicas más importantes en las muestras de suelos, ya que refleja muchas condiciones existentes en el suelo. Puede ser influenciada por el contenido de carbonatos, ya sea de calcio o de magnesio, o de ambos en conjunto, por el lavado de suelos como consecuencia de excesivas precipitaciones pluviales, por el uso exagerado de fertilizantes y otros agroquímicos de naturaleza ácida o alcalina.

Influye en la disponibilidad de la mayor parte de nutrientes, debido a que cada elemento tiene un producto de solubilidad específico, también está relacionado con la actividad microbiana, incidiendo directamente en la diversidad y población de los microorganismos del suelo.

El pH de los suelos estudiados en el valle del Chira, tal como se puede apreciar en el cuadro N° 16, se encuentra en un rango de 6.80 - 8.25 con un promedio de 7.91. A partir de estos valores podemos decir que los suelos estudiados se clasifican según su nivel de pH como suelos neutros, ligeramente alcalinos y moderadamente alcalinos.

El pH influye en el suelo o sustrato, así como en las soluciones nutritivas en varios aspectos, el más significativo es la disponibilidad de nutrientes y su solubilidad depende en gran medida del valor de pH.

Cuadro N° 16: Valores de pH de los suelos estudiados

MUEST.	pH	MUEST.	pH	MUEST.	pH	MUEST.	pH
1	8.10	38	7.80	75	8.10	112	7.90
2	7.85	39	7.96	76	8.20	113	7.83
3	8.04	40	8.02	77	7.54	114	7.97
4	8.01	41	8.00	78	7.65	115	7.92
5	8.00	42	7.55	79	7.75	116	7.67
6	7.96	43	7.80	80	7.98	117	7.60
7	7.61	44	8.02	81	8.03	118	7.99
8	6.96	45	8.10	82	7.75	119	8.02
9	8.03	46	7.95	83	8.08	120	7.88
10	8.10	47	7.75	84	8.08	121	8.00
11	7.84	48	7.70	85	7.90	122	7.92
12	8.03	49	8.04	86	8.12	123	8.01
13	8.06	50	8.02	87	7.84	124	8.11
14	7.88	51	7.88	88	8.00	125	8.05
15	8.13	52	8.03	89	8.11	126	8.11
16	7.55	53	7.88	90	7.80	127	7.95
17	7.93	54	8.05	91	8.04	128	7.88
18	7.75	55	7.45	92	8.00	129	8.03
19	8.00	56	7.62	93	7.15	130	7.33
20	7.85	57	7.80	94	8.10	131	8.08
21	8.00	58	7.91	95	8.03	132	7.99
22	7.75	59	7.95	96	8.05	133	8.10
23	8.10	60	8.05	97	8.00	134	8.05
24	8.06	61	8.00	98	8.02	135	8.02
25	8.00	62	8.13	99	8.08	136	8.13
26	7.88	63	8.05	100	7.40	137	7.20
27	8.15	64	7.95	101	8.03	138	8.00
28	8.03	65	7.58	102	8.10	139	8.03
29	8.11	66	8.10	103	8.08	140	8.12
30	8.09	67	7.91	104	7.50	141	8.03
31	7.97	68	8.00	105	8.03	142	8.02
32	7.64	69	6.80	106	7.75	143	7.04
33	8.05	70	7.65	107	8.11	144	7.92
34	8.13	71	7.60	108	7.90	145	8.25
35	8.04	72	8.07	109	7.37	146	8.20
36	8.16	73	8.13	110	7.88	147	7.95
37	7.78	74	8.12	111	7.91	148	8.11

El pH influye en la solubilidad del Fósforo y de los demás elementos nutritivos, en los suelos alcalinos, hay una gran parte de Fósforo insoluble y en estos suelos existe mayor riesgo de carencias de este elemento.

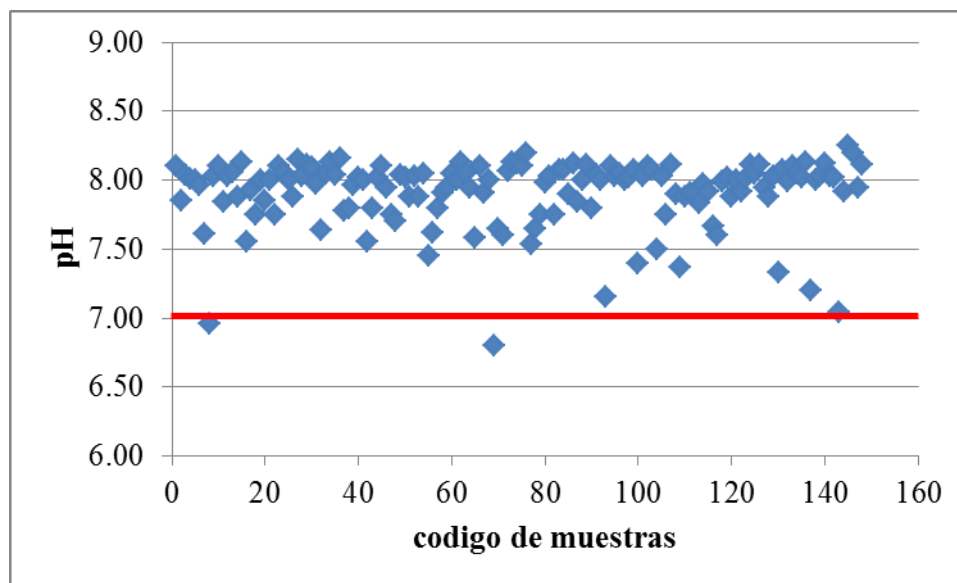


Gráfico N° 2. Valores de pH de los suelos

Los valores de pH de las muestras estudiadas presentan niveles cuyos valores oscilan entre 6.80 a 8.25 con lo cual se califican como neutros, ligeramente alcalinos y moderadamente alcalinos. A partir de dichos resultados se puede concluir que el 95% de los suelos presenta niveles ligeramente alcalinos a moderadamente alcalinos cuyos valores están entre 7.4 a 8.4 de pH, mientras que el 5% restante son suelos neutros. Tal como se puede apreciar en el grafico N° 2.

Teniendo en cuenta los resultados de las muestras estudiadas, es de gran importancia para dichos suelos Incorporar materia orgánica con la finalidad de bajar los niveles de pH y así estos valores tiendan más a la neutralidad, ya que los procesos de descomposición de la materia orgánica producen una reacción ácida, la cual ayuda considerablemente con la disminución del pH. Durante la descomposición de la materia orgánica se incrementa la población de microorganismos y bacterias, que al alimentarse de esta, crean a su vez subproductos ácidos, los cuales pasan a los diferentes niveles y sustratos del suelo.

5.3 Carbonatos (CaCO_3)

La principal fuente de calcio en los suelos es el carbonato de cálcico que por lo general, abunda en los suelos alcalinos. Agronómicamente se denomina calcáreo del suelo a todos los carbonatos (principalmente de Calcio y Magnesio) del suelo, expresados como CaCO_3 .

En los suelos calizos se considera que hay mayor retrogradación del fósforo, que pasa a de fosfato monocálcico soluble a formas insolubles, como el fosfato tricálcico.

Además el exceso de cal provoca el bloqueo de nutrientes, tales como el hierro, el manganeso, el zinc y el cobre, provocando síntomas de deficiencia inducidos por el exceso de calcio.

En cuadro N° 17 se presentan los resultados de análisis del contenido de carbonatos presentes en cada uno de los suelos estudiados en el valle del Chira, cuyos valores porcentuales oscilan en un rango que va desde 0 – 15.5 % de CaCO_3 , con lo cual se puede afirmar que estos suelos presentan contenidos de calcáreo que van desde niveles bajos hasta niveles altos. Estos resultados encontrados se correlacionan de forma directa con los valores de pH de las muestras de los mismos suelos.

En consecuencia, este tipo de suelos, a pesar de que contengan grandes cantidades de hierro de forma natural, o a pesar de que se le agregue artificialmente, los cultivos siempre presentarán carencias de hierro y fósforo, ya que la sobre calcificación del suelo impide que estos sean absorbidos por las raíces de las plantas.

Cuadro N° 17: Porcentaje de carbonatos en los suelos estudiados

MUEST.	% CaCO ₃	MUEST.	% CaCO ₃	MUEST.	% CaCO ₃	MUEST.	% CaCO ₃
1	6.20	38	1.30	75	11.44	112	1.25
2	0.92	39	1.44	76	10.20	113	0.92
3	0.96	40	2.48	77	0.66	114	1.20
4	1.80	41	2.06	78	0.78	115	1.08
5	1.80	42	0.66	79	0.88	116	0.76
6	1.66	43	1.99	80	1.15	117	0.74
7	0.83	44	2.80	81	3.50	118	1.40
8	0.00	45	9.80	82	0.88	119	3.06
9	3.40	46	1.10	83	4.66	120	0.88
10	9.78	47	0.88	84	7.68	121	1.88
11	0.91	48	0.85	85	1.32	122	1.36
12	2.20	49	3.90	86	15.00	123	2.52
13	5.30	50	2.48	87	0.98	124	8.56
14	0.94	51	0.94	88	2.88	125	3.60
15	14.50	52	2.88	89	7.80	126	9.40
16	0.64	53	0.91	90	0.96	127	1.36
17	1.44	54	4.86	91	3.66	128	0.94
18	0.66	55	0.53	92	2.15	129	4.06
19	2.25	56	0.72	93	0.22	130	0.40
20	0.96	57	0.97	94	7.40	131	4.89
21	2.30	58	1.28	95	3.88	132	1.38
22	0.88	59	1.52	96	3.88	133	8.80
23	7.99	60	4.10	97	2.78	134	4.16
24	4.20	61	2.36	98	2.50	135	3.05
25	2.56	62	9.10	99	7.05	136	13.00
26	0.83	63	6.10	100	0.54	137	0.31
27	8.20	64	1.10	101	3.86	138	2.06
28	3.90	65	0.66	102	6.80	139	3.50
29	15.50	66	9.80	103	5.20	140	8.89
30	7.10	67	1.33	104	0.66	141	3.00
31	1.60	68	2.10	105	2.86	142	2.20
32	0.77	69	0.00	106	0.88	143	0.15
33	6.28	70	0.73	107	7.40	144	1.66
34	8.80	71	0.72	108	1.56	145	15.00
35	4.20	72	4.87	109	0.42	146	14.00
36	8.10	73	7.77	110	0.92	147	1.44
37	0.88	74	10.38	111	1.10	148	10.10

Los carbonatos son un componente que en algunos suelos, pueden disminuir los rendimientos de los cultivos cuando se encuentra en niveles altos, al limitar la respuesta a la fertilización de los cultivos. Las deficiencias de fósforo, hierro, manganeso, zinc, etc. pueden explicarse con la presencia excesiva de carbonatos ya que este causa el bloqueo de estos nutrientes al incrementarse los niveles de pH de los suelos.

Los resultados obtenidos con respecto al contenido de carbonatos en las muestras estudiadas provenientes del valle del Chira, presentan valores que varían en un rango que va desde 0 – 15.5 % de CaCO_3 , calificándose según estos niveles como suelos con contenidos bajos, medios y altos según sea el caso. De las 148 muestras analizadas el 76 % de estas presenta valores medios y bajos en su contenido de carbonatos, ya que presentan valores menores a 5% de CaCO_3 . Mientras que el resto de los suelos (24%) presenta valores altos. Tal como se puede observar en el gráfico N° 3.

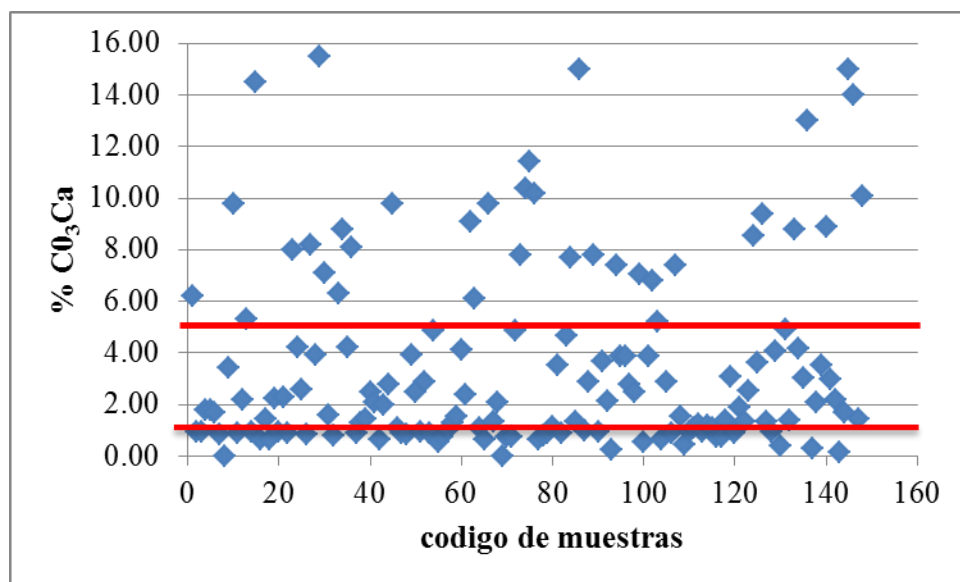


Gráfico N° 3. Valores del contenido de carbonato de los suelos

5.4 Materia orgánica (M.O)

La materia orgánica del suelo está constituida por aquellas sustancias de origen animal o vegetal que se acumulan en el suelo o se incorporan a él.

Es muy importante tener en cuenta este parámetro ya que cumple un rol importante en la nutrición mineral de los cultivos, como fuente natural de nutrientes, así como también en las propiedades físicas, como densidad de volumen, capacidad retentiva de humedad, estructura, temperatura, aireación y porosidad.

También influye en las propiedades químicas del suelo, debido a que los procesos de descomposición generan la formación de ácidos orgánicos que participan en la solubilización de algunas sustancias minerales para la liberación de nutrientes esenciales, además la descomposición de la materia orgánica tiene una reacción ácida, lo cual puede modificar el pH del suelo.

Las muestras de suelos del valle del Chira presentan valores de materia orgánica muy bajos tal como se puede apreciar en cuadro N° 18 estos valores están entre 0.10 – 1.30 %, es decir que estos suelos presentan niveles bajos de materia orgánica.

La materia orgánica presente en los suelos, es determinante en la población y diversidad de microorganismos constituyentes de la biota, debido a que los compuestos orgánicos son fuente de energía (liberada por la ruptura de enlaces de carbono), más aun teniendo en cuenta que se trata de suelos cultivados con una especie sometida a la certificación orgánica para exportación.

De los resultados encontrados se puede inferir que el balance de materia orgánica en los suelos del Valle del Chira, no es favorable para los beneficios que se persiguen en el suelo, debido a que la velocidad de descomposición de la materia orgánica, es mayor a la cantidad de materia orgánica que natural o artificialmente recibe el suelo, razón por la cual los niveles siempre son bajos.

Cuadro N° 18: Porcentaje de materia orgánica en los suelos estudiados

MUESTRA	% MO	MUESTRA	% MO	MUESTRA	% MO	MUESTRA	% MO
1	0.40	38	0.18	75	0.18	112	0.24
2	0.48	39	0.18	76	0.12	113	0.51
3	0.46	40	0.16	77	0.44	114	0.42
4	0.35	41	0.47	78	0.31	115	0.38
5	0.12	42	0.20	79	0.13	116	0.38
6	0.20	43	0.47	80	0.30	117	0.55
7	0.60	44	0.18	81	0.40	118	0.30
8	0.48	45	0.14	82	0.40	119	0.20
9	0.28	46	0.23	83	0.18	120	0.28
10	0.18	47	0.66	84	0.30	121	0.39
11	0.21	48	0.60	85	0.15	122	0.18
12	0.18	49	0.31	86	0.25	123	0.24
13	0.12	50	0.22	87	0.35	124	0.14
14	0.36	51	1.30	88	0.18	125	0.26
15	0.24	52	0.30	89	0.14	126	0.37
16	0.18	53	0.23	90	0.30	127	0.18
17	0.15	54	0.16	91	0.13	128	0.40
18	0.24	55	0.23	92	0.26	129	0.20
19	0.50	56	0.46	93	0.19	130	0.15
20	0.24	57	0.47	94	0.12	131	0.15
21	0.28	58	0.18	95	0.20	132	0.75
22	0.20	59	0.30	96	0.16	133	0.14
23	0.16	60	0.23	97	0.18	134	0.18
24	0.24	61	0.20	98	0.48	135	0.26
25	0.15	62	0.13	99	0.39	136	0.48
26	0.45	63	0.18	100	0.43	137	0.52
27	0.18	64	0.13	101	0.75	138	0.28
28	0.24	65	0.35	102	0.24	139	0.18
29	0.70	66	0.10	103	0.16	140	0.36
30	0.36	67	0.38	104	0.48	141	0.20
31	0.38	68	0.28	105	0.20	142	0.14
32	0.41	69	0.12	106	0.50	143	0.48
33	0.15	70	0.38	107	0.32	144	0.30
34	0.25	71	0.13	108	0.15	145	0.12
35	0.61	72	0.47	109	0.25	146	0.12
36	0.23	73	0.86	110	0.48	147	0.18
37	0.24	74	0.15	111	0.40	148	0.13

El contenido de materia orgánica de las muestras de los suelos del valle del Chira está por debajo del 1%, lo cual los califica como suelos con contenidos muy bajos en materia orgánica, tal como se puede apreciar en el grafico N° 4.

Los contenidos muy bajos de materia orgánica en el suelo resultan desfavorables en cuanto a su contribución con la nutrición mineral de las plantas, debido a que la mineralización de la materia orgánica resultara en niveles bajos de nutrientes como fuente natural en el suelo.

Además el contenido de materia orgánica de los suelos es un parámetro muy importante a tener en cuenta debido a su contribución en las propiedades físicas químicas y biológicas del suelo. Por esta razón los aportes de materia orgánica al suelo son muy importantes para mejorar la fertilidad del suelo. Por lo que es muy importante realizar regularmente aportes de abonos orgánicos a los suelos en estudio.

En vista a los resultados obtenidos, es muy importante concientizar al productor agrícola de la importancia de realizar aportes regulares de materia orgánica en las parcelas, que se traducirán en una mejora del suelo y en un efecto positivo para la fertilidad del suelo, aumentando la calidad y el rendimiento de las cosechas.

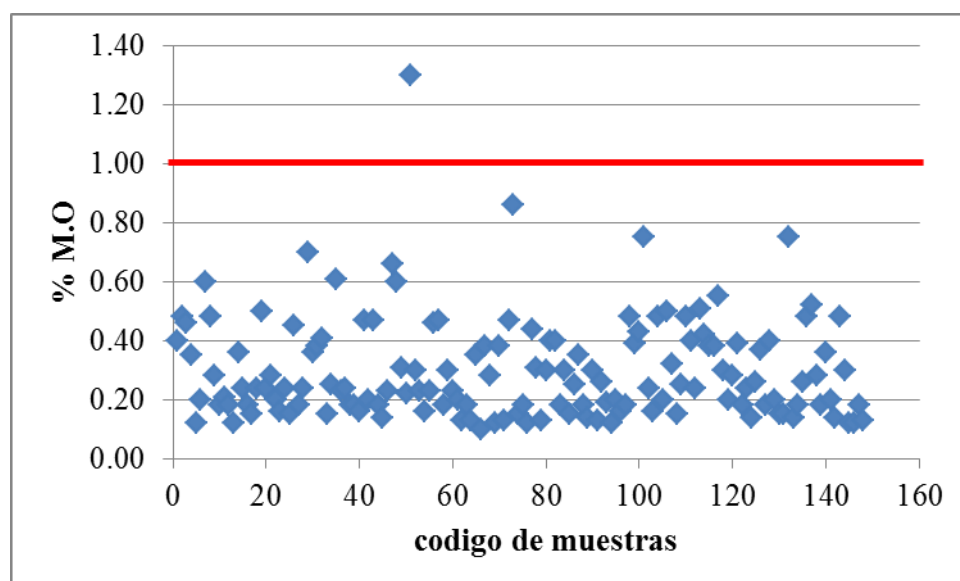


Gráfico N° 4. Valores del contenido de materia orgánica en las muestras de suelo

5.5 Nitrógeno (N)

El nitrógeno es uno de los principales macro elementos primarios necesarios para los cultivos, ya que cumple un rol importante en el crecimiento y desarrollo de los mismos. Es componente de muchas sustancias importantes en el metabolismo de las plantas, por ello no es raro encontrar crecimiento lento de los cultivos en suelos con bajos niveles de nitrógeno, las plantas presentan clorosis inicialmente en las hojas viejas y se generaliza cuando la deficiencia no es corregida hasta los niveles que el cultivo necesita, para cubrir sus necesidades, en todas las etapas fenológicas del ciclo de desarrollo.

Es importante conocer la cantidad de nitrógeno que proporciona la materia orgánica del suelo, estimar su aporte a partir de los resultados de análisis de laboratorio, pues a partir de esto se puede establecer con precisión las dosis exactas que requieren los cultivos, de acuerdo a la demanda durante todo el ciclo de desarrollo.

Para el caso de los suelos en estudio provenientes del valle del Chira, los % de nitrógeno tal como se aprecian en el cuadro N° 19 varían en un rango de 0.01 a 0.07% de nitrógeno calificándose de acuerdo a estos niveles como suelos muy bajos en nitrógeno.

Cuadro N° 19: Porcentajes de nitrógeno en los suelos estudiados.

MUEST.	% N	MUEST.	% N	MUEST.	% N	MUEST.	% N
1	0.02	38	0.01	75	0.01	112	0.01
2	0.02	39	0.01	76	0.01	113	0.03
3	0.02	40	0.01	77	0.02	114	0.02
4	0.02	41	0.02	78	0.01	115	0.02
5	0.01	42	0.01	79	0.01	116	0.02
6	0.01	43	0.02	80	0.02	117	0.03
7	0.03	44	0.01	81	0.02	118	0.02
8	0.02	45	0.01	82	0.02	119	0.01
9	0.01	46	0.01	83	0.01	120	0.01
10	0.01	47	0.03	84	0.02	121	0.02
11	0.01	48	0.03	85	0.01	122	0.01
12	0.01	49	0.02	86	0.01	123	0.01
13	0.01	50	0.01	87	0.02	124	0.01
14	0.01	51	0.07	88	0.01	125	0.01
15	0.02	52	0.02	89	0.01	126	0.02
16	0.01	53	0.01	90	0.02	127	0.01
17	0.01	54	0.01	91	0.01	128	0.02
18	0.01	55	0.01	92	0.01	129	0.01
19	0.02	56	0.02	93	0.01	130	0.01
20	0.01	57	0.02	94	0.01	131	0.01
21	0.01	58	0.01	95	0.01	132	0.04
22	0.01	59	0.02	96	0.01	133	0.01
23	0.01	60	0.01	97	0.01	134	0.01
24	0.01	61	0.01	98	0.02	135	0.01
25	0.01	62	0.01	99	0.02	136	0.02
26	0.01	63	0.01	100	0.02	137	0.03
27	0.01	64	0.01	101	0.04	138	0.01
28	0.01	65	0.02	102	0.01	139	0.01
29	0.03	66	0.01	103	0.01	140	0.02
30	0.02	67	0.02	104	0.02	141	0.01
31	0.02	68	0.01	105	0.01	142	0.01
32	0.02	69	0.01	106	0.02	143	0.02
33	0.01	70	0.02	107	0.01	144	0.02
34	0.01	71	0.01	108	0.01	145	0.01
35	0.03	72	0.02	109	0.01	146	0.01
36	0.01	73	0.04	110	0.02	147	0.01
37	0.01	74	0.01	111	0.02	148	0.01

En el suelo, la principal fuente de nitrógeno para las plantas es la materia orgánica, Las muestras de suelo en estudio son generalmente pobres en materia orgánica, pues presentan valores menores a 1% por lo tanto sus aportes de nitrógeno al suelo son muy bajos.

Como se puede observar en el grafico N°5, El contenido de nitrógeno en los suelos del valle del chira según los resultados obtenidos en las muestras analizadas presentan valores menores a 0.07 %, debido a ello, estos suelos se califican como suelos muy bajos en contenido de nitrógeno. Esto como consecuencia de los bajos niveles de materia orgánica presentes en estos suelos, por las pérdidas naturales debido a la absorción de los cultivos, por lixiviación y por la fijación de este elemento por parte de los microorganismos.

Los valores muy bajos de este importante macro elemento nos indica la importancia de determinar y aplicar las dosis adecuadas de nitrógeno al cultivo de banano presente en dichos suelos, además de la incorporación frecuente de materia orgánica. En vista a ello es necesaria la implementación de estrategias de fertilización sustentables de este importante macro elemento.

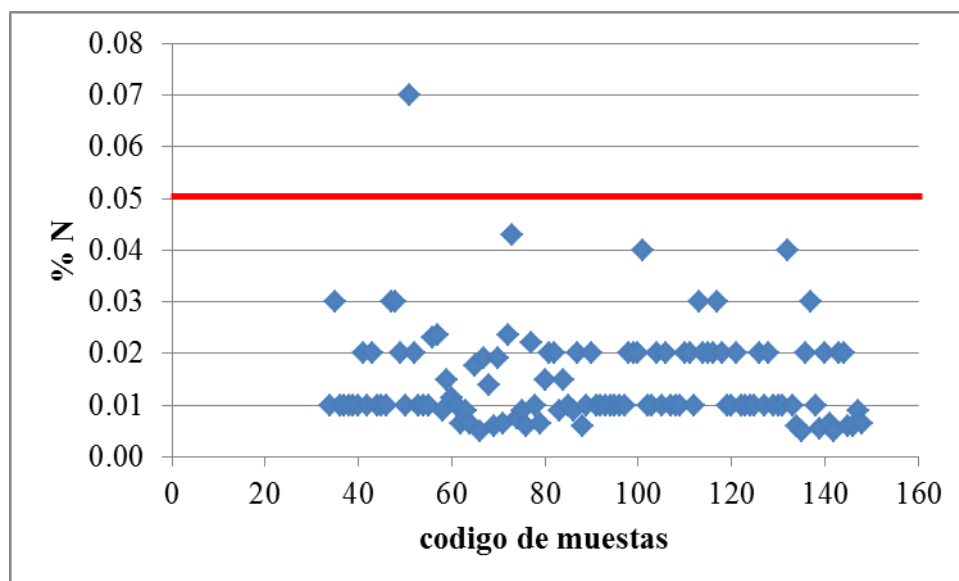


Gráfico N°. 5. Valores del Contenido de nitrógeno en los de suelos estudiados

5.6 Fosforo (P)

El fósforo es un macro-elemento esencial para el crecimiento de las plantas. Participa en los procesos metabólicos, tales como la fotosíntesis, la transferencia de energía y la síntesis y degradación de los carbohidratos. El fósforo se encuentra en el suelo en compuestos orgánicos y en minerales. Sin embargo, la cantidad del fósforo disponible en el suelo es muy baja en comparación con la demanda del cultivo. Por lo tanto, en muchos casos, los fertilizantes fosfatados deben ser aplicados para satisfacer los requerimientos nutricionales de los cultivos, de tal forma que la eficiencia de absorción del cultivo esté garantizada por un porcentaje significativo de fosforo soluble proveniente de los fertilizantes.

El fosforo del suelo puede ser orgánico e inorgánico. La forma orgánica procede de los restos animales y vegetales cuya descomposición y transformación la efectúan ciertas especies de bacterias y actinomicetos. La fuente original de fósforo es el material madre, constituido por rocas fosfatadas proveniente de yacimientos sedimentarios.

La forma inorgánica comprende dos grupos, soluble e insoluble. El fosfato tri cálcico (PO_4^{-3}) es insoluble y no asimilable por las plantas a diferencia de los fosfatos mono cálcico ($\text{H}_2\text{PO}_4^{-1}$) y di cálcico (HPO_4^{-2}) que son solubles y asimilables, siendo el primero el más asimilable por las plantas. Otro grupo lo constituyen los fosfatos de hierro y aluminio los cuales son muy insolubles y estables en suelos ácidos.

El pH del suelo determina la disponibilidad de fosfatos asimilables por la planta, con un pH bajo aumenta la solubilidad del fosfato mono cálcico ($\text{H}_2\text{PO}_4^{-1}$) y por lo tanto su concentración en la solución del suelo, mientras que ocurre lo contrario con el fosfato di cálcico (HPO_4^{-2}).

De acuerdo a los estudios realizados en los suelos del valle del chira como se puede apreciar en el cuadro N° 20 y gráfico N° 6. Los resultados de los análisis nos muestran contenidos de fosforo (P) que varían en un rango de 7 a 14 ppm. Lo cual los califica como suelos con niveles medios según su contenido de fosforo (P).

Cuadro N° 20: Contenido de fosforo en los suelos estudiados

MUEST.	P ppm	MUEST.	P ppm	MUEST.	P ppm	MUEST.	P ppm
1	8.0	38	9.0	75	8.0	112	10.0
2	9.0	39	8.0	76	7.0	113	10.0
3	8.0	40	7.0	77	12.0	114	9.0
4	8.0	41	8.0	78	12.0	115	9.0
5	8.0	42	11.0	79	11.0	116	12.0
6	9.0	43	10.0	80	11.0	117	12.0
7	10.0	44	9.0	81	10.0	118	9.0
8	12.0	45	8.0	82	13.0	119	9.0
9	8.0	46	8.0	83	9.0	120	12.0
10	8.0	47	10.0	84	9.0	121	10.0
11	9.0	48	10.0	85	10.0	122	10.0
12	8.0	49	9.0	86	8.0	123	9.0
13	8.0	50	8.0	87	10.0	124	8.0
14	9.0	51	10.0	88	9.0	125	9.0
15	8.0	52	8.0	89	8.0	126	9.0
16	11.0	53	9.0	90	10.0	127	10.0
17	9.0	54	9.0	91	8.0	128	11.0
18	10.0	55	12.0	92	8.0	129	9.0
19	9.0	56	12.0	93	13.0	130	9.0
20	11.0	57	11.0	94	9.0	131	9.0
21	9.0	58	10.0	95	10.0	132	10.0
22	12.0	59	9.0	96	10.0	133	10.0
23	8.0	60	9.0	97	9.0	134	9.0
24	8.0	61	9.0	98	9.0	135	9.0
25	8.0	62	8.0	99	9.0	136	8.0
26	8.0	63	8.0	100	13.0	137	13.0
27	7.0	64	9.0	101	8.0	138	9.0
28	8.0	65	13.0	102	8.0	139	8.0
29	7.0	66	10.0	103	8.0	140	8.0
30	8.0	67	10.0	104	14.0	141	9.0
31	10.0	68	9.0	105	9.0	142	9.0
32	12.0	69	13.0	106	13.0	143	13.0
33	8.0	70	12.0	107	8.0	144	10.0
34	7.0	71	12.0	108	9.0	145	13.0
35	7.0	72	8.0	109	14.0	146	12.0
36	7.0	73	8.0	110	11.0	147	11.0
37	9.0	74	8.0	111	10.0	148	8.0

Las plantas absorben el fósforo en su forma inorgánica, que está en la solución del suelo. De esta manera, el fosforo inorgánico disuelto satisface la demanda de los cultivos durante el período de crecimiento y desarrollo de los mismos. Por lo tanto, el fósforo extraído de la solución debe ser repuesto constantemente a partir de formas fácilmente extraíbles, tanto orgánicas como inorgánicas para el abastecimiento de fósforo.

En función de los resultados encontrados se debe tener en cuenta la estimación de la dosis de fertilización de manera precisa, la elección de las fuentes más solubles de acuerdo a las condiciones químicas del suelo y la aplicación de la dosis en función de los requerimientos del cultivo de banano, teniendo en cuenta su fenología (estados de desarrollo).

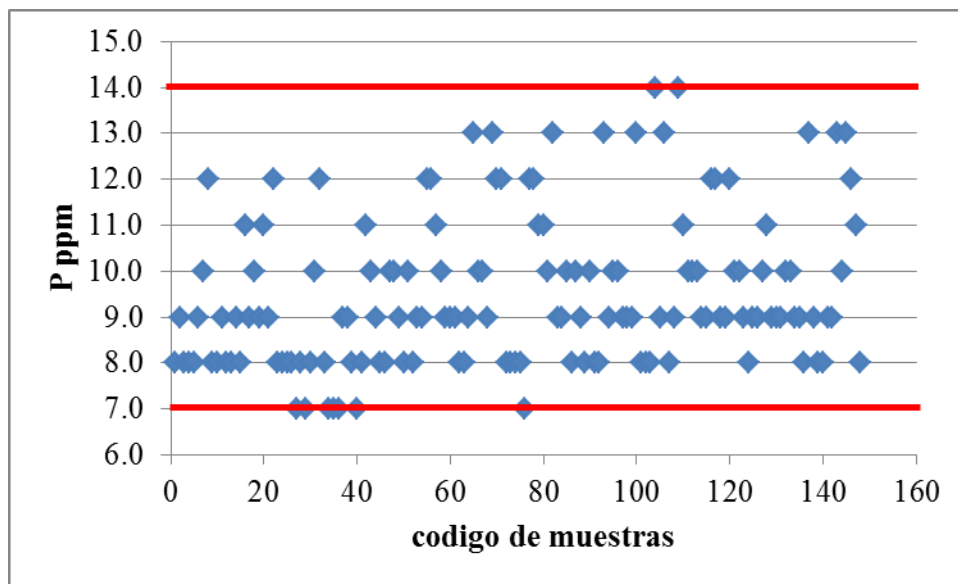


Gráfico N°. 6. Valores del contenido de fosforo en las muestras de suelo

5.7 Potasio (K)

El potasio es uno de los macronutrientes esenciales más importantes que demandan los cultivos. Cumple funciones vitales en la fisiología vegetal y por lo tanto su deficiencia origina importantes mermas en el rendimiento y/o calidad de los cultivos. Es por esta razón que el agregado de potasio a través del uso de fertilizantes es una práctica cotidiana. Por lo tanto conocer los niveles de potasio en los suelos, es el primer paso para el diseño de estrategias de fertilización sustentables.

El potasio presente en el suelo y que es asimilado con rapidez por las plantas es aquel que está presente en la solución del suelo y el potasio intercambiable que se encuentra adsorbido a los coloides del suelo.

De acuerdo a los resultados obtenidos en las muestras de suelos en estudio, tal como se puede observar en el cuadro N° 21 el contenido de potasio en estos suelos, varía en un rango de 100 a 220 ppm. Calificándose de acuerdo a estos niveles como suelos con un nivel medio de potasio.

Cuadro N° 21: Valores del contenido de potasio en los suelos estudiados

MUEST.	K ppm	MUEST.	K ppm	MUEST.	K ppm	MUEST.	K ppm
1	190	38	140	75	180	112	140
2	170	39	130	76	170	113	190
3	160	40	120	77	170	114	210
4	170	41	150	78	160	115	150
5	150	42	170	79	140	116	140
6	160	43	150	80	120	117	180
7	150	44	210	81	170	118	180
8	170	45	220	82	190	119	170
9	160	46	160	83	180	120	170
10	160	47	190	84	180	121	150
11	190	48	200	85	190	122	190
12	180	49	190	86	210	123	170
13	190	50	100	87	190	124	160
14	170	51	120	88	140	125	200
15	110	52	190	89	180	126	110
16	170	53	160	90	190	127	180
17	140	54	200	91	180	128	170
18	160	55	130	92	160	129	190
19	170	56	130	93	170	130	200
20	170	57	120	94	170	131	180
21	150	58	150	95	180	132	190
22	180	59	200	96	190	133	100
23	180	60	170	97	160	134	170
24	190	61	160	98	180	135	180
25	180	62	140	99	190	136	190
26	130	63	150	100	150	137	180
27	180	64	140	101	200	138	140
28	190	65	170	102	200	139	170
29	140	66	180	103	190	140	160
30	140	67	190	104	160	141	190
31	120	68	170	105	180	142	150
32	200	69	170	106	180	143	150
33	210	70	180	107	150	144	210
34	130	71	160	108	190	145	160
35	150	72	150	109	180	146	110
36	130	73	130	110	170	147	170
37	220	74	160	111	150	148	160

El potasio cumple funciones importantes en la fisiología de las plantas. Actúa a nivel del proceso de la fotosíntesis, en la translocación de fotosintatos, síntesis de proteínas, activación de enzimas claves para varias funciones bioquímicas, etc. Por lo tanto, una buena nutrición potásica aumenta la resistencia a condiciones adversas como sequías o presencia de enfermedades. Las deficiencias de potasio no solo pueden determinar pérdidas de rendimiento, sino también pueden afectar la calidad de los productos cosechados.

Tal como se puede apreciar en el gráfico N° 7 las muestras estudiadas presentan niveles medios de potasio, cuyo rango está entre 100 a 220 ppm. Con lo cual se puede afirmar que son suelos con niveles inapropiados para brindar las cantidades necesarias que demandan los cultivos, principalmente el cultivo de banano que es un cultivo que extrae altas cantidades de potasio.

Dado que el potasio es uno de los nutrientes que más demandan los cultivos, se debe tener en cuenta el nivel de este importante elemento. Por ello debe suministrarse dosis adecuadas de fertilización de este elemento para así garantizar una producción óptima en cuanto a cantidad y calidad de los cultivos.

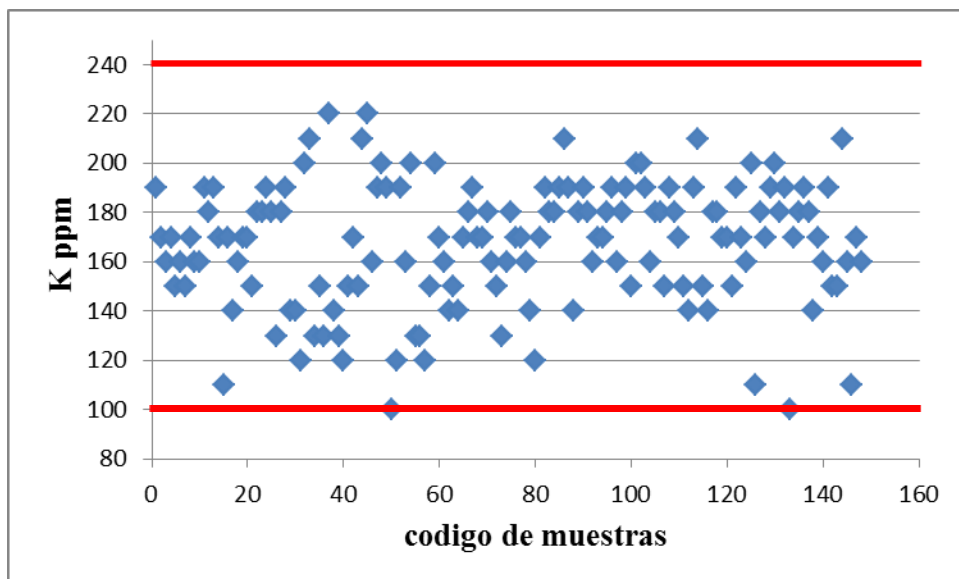


Gráfico N° 7. Valores del contenido de potasio en las muestras de suelo

5.8 Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

Gracias a su estructura química, las partículas de arcilla y la materia orgánica del suelo tienen carga negativa neta. Esto significa que los cationes son atraídos y retenidos sobre la superficie de estos coloides del suelo. Los cationes de la solución del suelo están en equilibrio dinámico con los cationes absorbidos sobre la superficie de la arcilla y la materia orgánica. La CIC es una medida de la cantidad de cationes que pueden ser absorbidos o retenidos por los coloides del suelo.

La capacidad de intercambio catiónico es una característica química y es un buen indicador de la fertilidad del suelo, pues representa la capacidad que tiene el suelo para retener e intercambiar cationes (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+). Los valores de la CIC del suelo están en relación directa con el contenido de arcilla y de materia orgánica.

De forma general se puede concluir que las muestras de suelos estudiadas presentan niveles de CIC desde muy bajos hasta altos, cuyos rangos varían desde 4 a 23 meq. /100 gr. de suelo, tal como se puede apreciar en el cuadro N° 22. De acuerdo a estos resultados se puede deducir que los valores muy bajos y bajos corresponden a suelos de textura arenosa y el bajo contenido de materia orgánica que presentan estos suelos, mientras que los valores medios y altos corresponden a suelos de textura franca y franco arcillosos.

En base a los resultados obtenidos y teniendo en cuenta que la materia orgánica posee mayor capacidad de intercambio catiónico que las arcillas, por lo que la incorporación de abonos orgánicos tienen la capacidad para incrementar la capacidad de intercambio catiónico. Esto es muy favorable sobre todo para los suelos con baja capacidad de intercambio catiónico (CIC).

Cuadro N° 22: Valores de la capacidad de intercambio catiónico en los suelos estudiados

MUEST.	CIC meq/100 g.s	MUEST.	CIC meq/100 g.s	MUEST.	CIC meq/100 g.s	MUEST.	CIC meq/100 g.s
1	18.67	38	9.74	75	13.42	112	13.12
2	12.89	39	7.89	76	15.67	113	16.46
3	10.32	40	6.94	77	13.842	114	19.44
4	14.21	41	9.89	78	12.66	115	12.12
5	7.32	42	15.29	79	9.33	116	10.44
6	11.74	43	10.32	80	6.83	117	16.53
7	8.32	44	20.36	81	13.36	118	17.21
8	13.76	45	19.43	82	17.66	119	13.89
9	13.69	46	8.72	83	17.21	120	16.41
10	12.36	47	19.26	84	16.46	121	11.39
11	16.15	48	18.16	85	17.12	122	18.16
12	16.26	49	15.96	86	19.78	123	15.25
13	17.28	50	11.86	87	16.12	124	15.66
14	14.21	51	8.12	88	9.33	125	20.16
15	4.36	52	19.77	89	16.46	126	9.67
16	14.26	53	14.12	90	15.26	127	17.26
17	11.64	54	18.64	91	16.56	128	13.75
18	14.76	55	8.32	92	11.69	129	17.69
19	14.94	56	8.76	93	14.32	130	19.66
20	13.76	57	8.94	94	13.56	131	14.37
21	10.44	58	12.13	95	16.67	132	17.26
22	15.21	59	17.12	96	18.53	133	5.67
23	16.56	60	15.67	97	13.89	134	11.32
24	16.40	61	13.12	98	16.64	135	12.16
25	15.76	62	8.74	99	15.12	136	20.46
26	6.16	63	11.54	100	10.43	137	15.69
27	15.44	64	6.83	101	19.76	138	6.36
28	15.26	65	14.74	102	19.12	139	13.15
29	7.32	66	17.23	103	18.67	140	11.13
30	7.54	67	17.65	104	13.42	141	19.15
31	5.83	68	16.42	105	16.4	142	8.76
32	21.12	69	15.76	106	17.27	143	8.10
33	20.16	70	16.97	107	10.39	144	23.68
34	5.87	71	12.86	108	16.74	145	6.36
35	11.44	72	9.32	109	17.68	146	4.12
36	6.13	73	9.05	110	13.44	147	9.36
37	21.39	74	12.36	111	13.72	148	6.58

Los suelos contienen cantidades variables y diferentes clases de arcilla y materia orgánica, de modo que la CIC total varía ampliamente. La materia orgánica tiene una CIC alta, por lo que los suelos con un alto contenido de materia orgánica presentan por lo general una CIC mayor que la de los suelos con un bajo contenido de materia orgánica.

De acuerdo a los resultados obtenidos Los valores de capacidad de intercambio catiónico de las muestras de suelos procedentes del Chira presentan valores que varían desde 4 a 23 meq. /100 gr de suelo. Estos valores representan niveles muy bajos, medios y altos, tal como se muestra en el gráfico N° 8.

Esto hace que la época y las dosis de aplicación sean importantes consideraciones al planificar un programa de fertilización principalmente para los suelos valores de CIC bajos. También es importante fraccionar las aplicaciones de fertilizantes como el potasio y nitrógeno para evitar las pérdidas por lixiviación y al mismo tiempo suministrar los nutrientes a los cultivos en las épocas de mayor demanda y en las mejores condiciones.

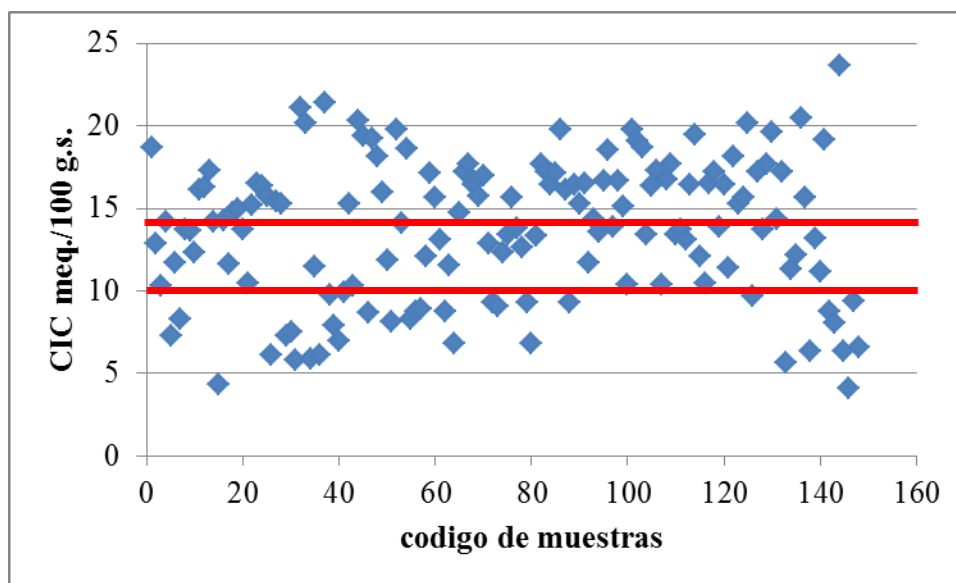


Gráfico N° 8. Valores de la capacidad de intercambio catiónico en los suelos estudiados

5.9 Textura

La textura es una de las propiedades físicas más importante del suelo, es una expresión cualitativa y cuantitativa del tamaño de las partículas minerales que conforman el suelo, cualitativa por que advierte el comportamiento del suelo, de acuerdo a la naturaleza y tamaño de los constituyentes minerales del suelo. Cuantitativa por que da a conocer la proporción relativa (%) en peso, de las diferentes partículas minerales que constituyen el suelo.

Como se sabe en el suelo se distinguen tres tipos de partículas que siempre están presentes. Como son las arenas (A_o), limos (L_o) y arcillas (Arc). Cada clase de partícula mineral constituyente del suelo, contribuye al comportamiento de este como medio para el desarrollo de las plantas.

Tal como se presenta en el grafico N° 9 y cuadro N° 23 de las 148 muestras de suelo provenientes del valle del Chira, presentan diferente clase textural, las cuales se califican como franco arcillosos, franco, franco arenoso, franco limoso, franco arcillo arenoso, franco arcillo limoso, arena franca y arcilla. Siendo las texturas más comunes en estos suelos los franco arcillosos (46.6%), francos (26%) y franco arenosos (17.5%). Lo cual representa el 90.5% del total de las muestra analizadas, mientras que el 10 % restante está representado por las otras clases texturales (franco limosos, franco arcillo arenosos, franco arcillo limosos, arena franca y arcillas).

Esta propiedad es muy importante pues influye en la porosidad, en la aireación, en la retención y movimiento del agua, en el escurrimiento superficial e infiltración, en el drenaje y permeabilidad, en el desarrollo de la estructura y estabilidad de los agregados, en la susceptibilidad de erosión, en la fertilidad y contenido de materia orgánica del suelo. Además puede influir en las practicas agronómicas como el laboreo del suelo, la fertilización, y en la adaptación de los cultivos presentes en dichos suelos.

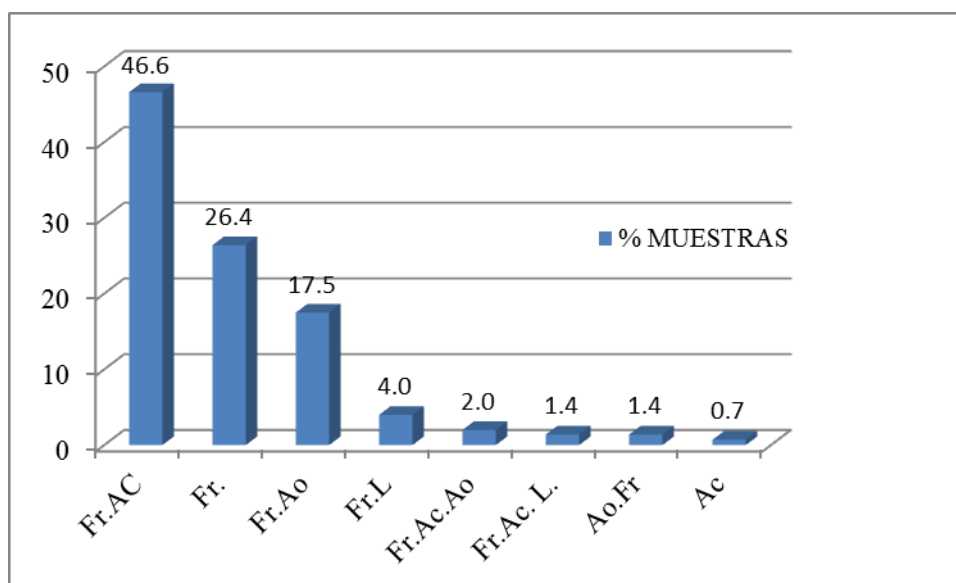


Gráfico N° 9. Textura de los suelos estudiados del valle del Chira.

Cuadro N° 23: Textura de los suelos estudiados en cuanto a cantidad y porcentaje de los mismos

Textura	N° Muestras	%
Fr.Arc.	69	46.6
Fr.	39	26.4
Fr.Ao.	26	17.5
Fr.Lo.	6	4.0
Fr.Arc.Ao.	3	2.0
Fr.Arc. Lo.	2	1.4
Ao.Fr.	2	1.4
Arc.	1	0.7
Total	148	100%

5.10 Densidad aparente (Da.)

La densidad aparente está determinada por la relación que existe entre el peso de una muestra de suelo (agregado, ped, terrón) y el volumen que ocupa, tal como se encuentra en forma natural. Su valor es muy variable en los suelos y depende de la textura, del contenido de materia orgánica y del estado de compactación del suelo. Se expresa como la relación: $\text{Peso del suelo/volumen total} = \text{gr/cm}^3 \text{ o Toneladas/m}^3$.

Para la determinación de la densidad aparente de las muestras en estudio se empleó el método de la parafina, se hicieron 3 repeticiones por muestra, lo cual permitió llegar a un nivel apropiado de precisión. Con excepción de las muestras de arena franca donde se empleó el método de la probeta.

Los valores de densidad aparente de las muestras provenientes del valle del Chira oscilan entre 1.27 a 1.58gr/cm³, dichos valores varían dependiendo la clase textural a la que pertenece un determinado suelo. De forma general tenemos que los valores promedio de las muestras de suelo provenientes del valle del Chira según su clase textural es: para suelos franco arcillosos (1.35), franco (1.37), franco arenoso (1.48), franco limoso (1.39), franco arcillo arenoso (1.43), franco arcillo limoso (1.29), arena franca (1.45) y arcilla (1.30), tal como se observa en el cuadro N° 24.

Se puede afirmar que a mayor densidad aparente del suelo, este presentará un mayor peso en un volumen determinado, lo cual incidirá en los cálculos de fertilización y aplicación de abonos orgánicos.

Cuadro N° 24: Densidad aparente

CLASE TEXTURAL	COD. MUESTRAS	DENSIDAD APARENTE	Da. PROMEDIO
Franco Arcilloso	102	1.36	1.35
		1.38	
		1.37	
	49	1.34	
		1.33	
		1.34	
	86	1.35	
		1.35	
		1.35	
Franco	63	1.43	1.37
		1.43	
		1.41	
	94	1.33	
		1.34	
		1.33	
	50	1.37	
		1.36	
		1.36	
Franco Arenoso	100	1.48	1.48
		1.47	
		1.48	
	93	1.38	
		1.38	
		1.39	
	34	1.57	
		1.58	
		1.56	
Franco Limoso	73	1.37	1.39
		1.38	
		1.38	
	78	1.42	
		1.42	
		1.42	
	140	1.38	
		1.37	
		1.37	
Franco Arcillo Arenoso	104	1.46	1.43
		1.46	
		1.48	
	77	1.39	
		1.39	
		1.39	
Franco Arcillo Limoso	27	1.30	1.29
		1.29	
		1.30	
	141	1.27	
		1.28	
		1.28	
Arcilla	37	1.31	1.30
		1.30	
		1.30	
Arena Franca	133	1.40	1.45
	146	1.50	

5.11. Color del suelo

El potencial productivo de un suelo no sólo depende de la cantidad y balance de los nutrientes esenciales para las plantas, sino también de sus propiedades físicas, las cuales muchas veces no se toman en cuenta, como es el caso del color del suelo.

Aunque el color del suelo es un indicador que no tiene un efecto directo sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas, refleja la presencia de materia orgánica, minerales ferromagnesianos y el estado de humedad. Podemos mencionar por ello, que el color es un indicador indirecto de la presencia de algunos componentes del suelo que inciden en su fertilidad, estado físico y estado químico.

La coloración de los suelos está definida por el contenido y estado de oxidación de los minerales como el fierro, manganeso y el contenido de materia orgánica. Los factores de formación del suelo como la roca madre, la vegetación natural y el clima, son quienes en gran medida definen la coloración de los suelos.

Para la determinación del color de las muestras se empleó la tabla de colores de Munsell. En dichas muestras se puede evidenciar diversos colores que presentan estos suelos. Los colores que predominan son el pardo amarillento claro (30.4%), pardo amarillento (29.7%), pardo pálido (16.2%) y el pardo oliva claro (12.8%) del total de muestras estudiadas. también se presentan otros colores como pardo, pardo grisáceo, gris claro, gris parduzco claro y amarillo, pero en menor proporción, tal como se puede apreciar en el grafico N° 10 y cuadro N° 25.

A partir de esto podemos decir que los colores predominantes son colores claros lo cual en gran medida se debe a los bajos contenidos de materia orgánica que presentan estos suelos, además de la escasa presencia de minerales ferromagnesianos y de manganeso.

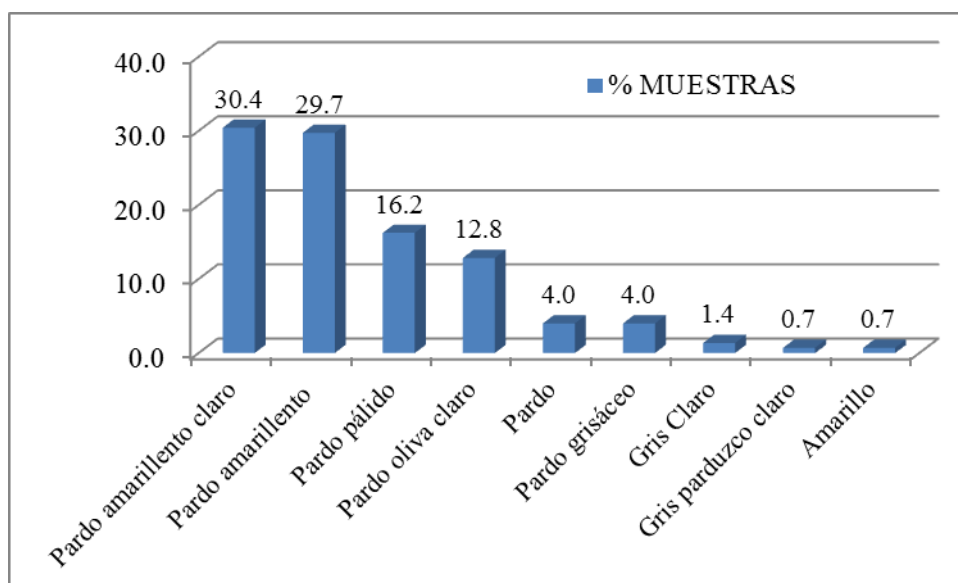


Gráfico N°10: Color de los suelos en seco

Cuadro N° 25: Color del suelo en seco de las diferentes muestras estudiadas

Color	N° Muestras	%
Pardo amarillento claro	45	30.4
Pardo amarillento	44	29.7
Pardo pálido	24	16.2
Pardo oliva claro	19	12.8
Pardo	6	4.0
Pardo grisáceo	6	4.0
Gris Claro	2	1.4
Gris parduzco claro	1	0.7
Amarillo	1	0.7
Total	148	100

5.12. Correlación entre el contenido de carbonatos y el pH de los suelos estudiados

El valor de pH de los suelos está muy influenciado por el contenido de carbonatos presentes en cada uno de los mismos, pues a medida que los valores del contenido de carbonatos se incrementan los valores de pH también se incrementan.

Según los resultados encontrados podemos afirmar que existe una relación directa entre estas dos variables, siendo el pH una variable dependiente del contenido de carbonatos presentes en el suelo.

En vista a ello podemos determinar que existe una dependencia de la variable pH en relación al contenido de carbonatos, pues el grado de asociación entre estas dos variables es moderadamente significativo, con un R^2 de 0.36 tal como se puede apreciar en el gráfico N° 11.

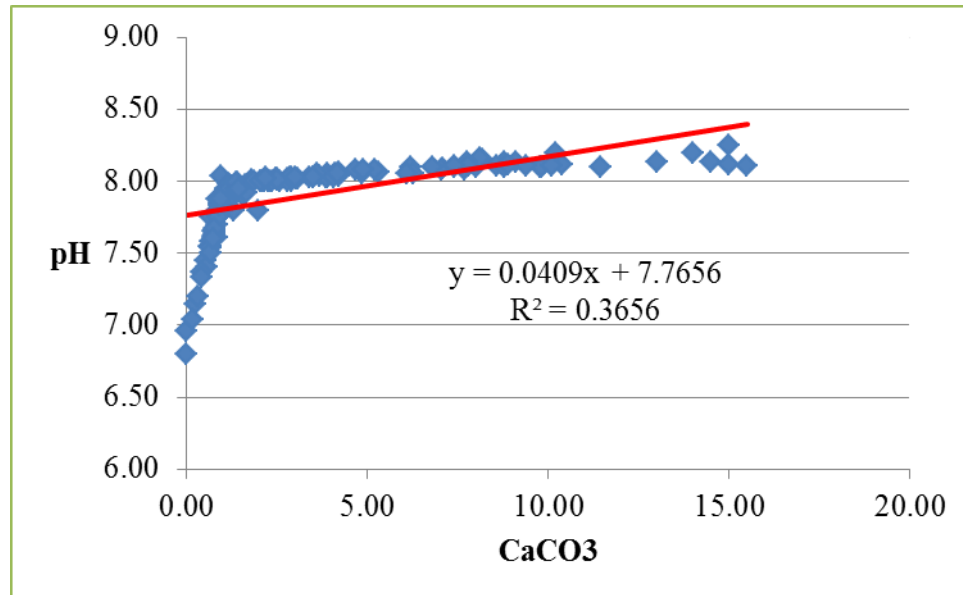


Gráfico N° 11. Correlación entre el contenido de carbonatos y el pH de los suelos

5.13. Correlación entre el contenido de arcillas y la capacidad de intercambio catiónico

Los valores de la CIC del suelo están en relación directa con el contenido de arcillas presentes en el mismo. El valor de la CIC depende en gran medida del porcentaje y el tipo de arcilla (coloides como la illita y la montmorillonita) presentes en el suelo, es por esta razón que la correlación existente entre estas dos variables (contenido de arcilla y CIC) es estadísticamente significativa, Los valores de la variable CIC dependen de forma directa respecto al contenido de arcillas con un grado de asociación alto, presentando un R^2 de 0.88. Tal como se puede apreciar en el gráfico N° 12.

Los valores de la CIC fluctúan desde niveles bajos, medios y altos, dependiendo del contenido de arcillas en cada uno de los suelos estudiados en el valle del Chira.

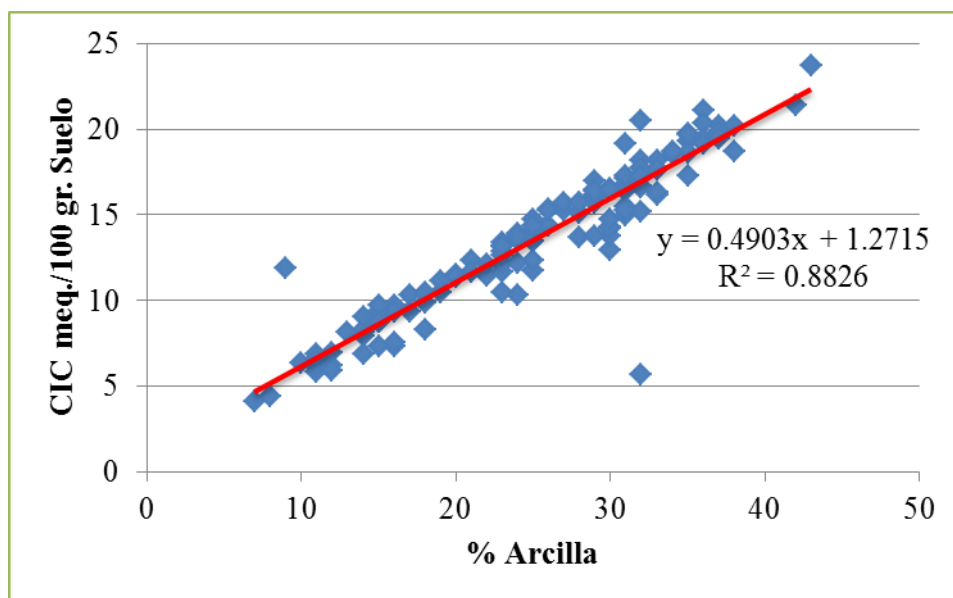


Gráfico N° 12 correlación entre la capacidad de intercambio catiónico y el contenido de arcillas de los suelos

5.14. Correlación entre el contenido de materia orgánica y la capacidad de intercambio catiónico

La presencia de materia orgánica tiene un efecto importante sobre la capacidad de intercambio catiónico del suelo, que podría considerarse como el potencial del mismo para retener e intercambiar nutrientes, influyendo directamente sobre la fertilización de los cultivos.

La correlación del contenido de materia orgánica en las muestras de suelos y la capacidad de intercambio catiónico, estadísticamente no es significativa, ello quiere decir que el contenido de materia orgánica no incide en los valores de CIC total, de lo que se infiere que debe recomendarse aplicaciones altas de materia orgánica para mejorar la CIC e incrementar el aporte de la materia orgánica en este parámetro químico del suelo. De esta manera se contribuye a mejorar el nivel de fertilidad de los suelos.

Como se puede apreciar en el siguiente grafico(N° 13) el grado de asociación entre las dos variables: materia orgánica y CIC, es muy bajo, tiene un coeficiente de correlación de 0.0027, estadísticamente poco significativo.

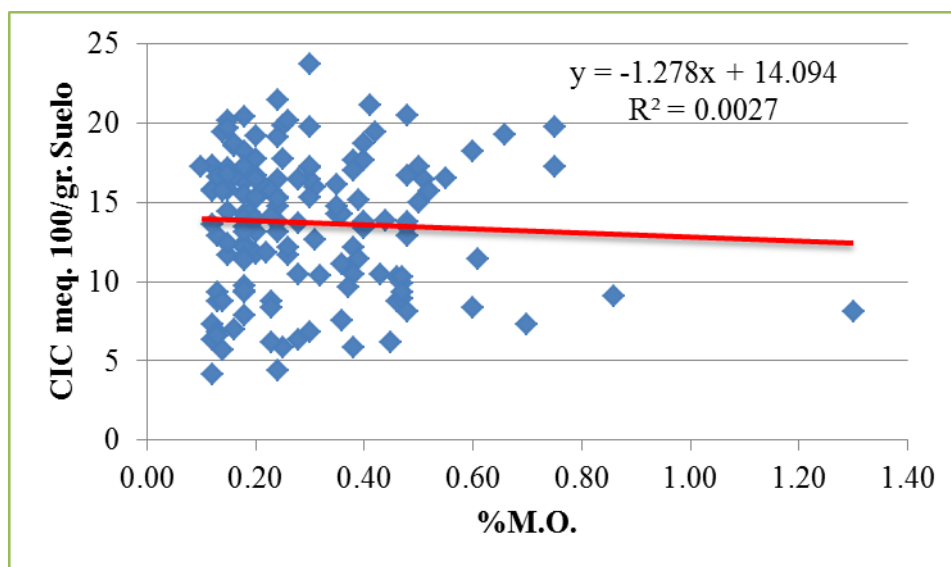


Gráfico N° 13. Correlación entre el contenido de materia orgánica y la capacidad de intercambio catiónico

5.15. Correlación entre el contenido de potasio y la capacidad de intercambio catiónico

A partir de los resultados obtenidos en las muestras, se puede determinar que existe una dependencia del contenido de potasio disponible del suelo con respecto a la capacidad de intercambio catiónico, pues la correlación existente entre estas dos variables (potasio y capacidad de intercambio catiónico) es estadísticamente significativa con un R^2 de 0.80, esto quiere decir que los valores de la CIC inciden directamente sobre el contenido de potasio, tal como se puede apreciar gráfico N° 14.

Los valores del contenido de potasio cuyo valor se presenta como una variable dependiente y en niveles medios de acuerdo a los resultados, dependiendo en gran medida de la variable capacidad de intercambio catiónico (CIC), la cual es una variable independiente, cuyos valores se presentan en mayor o menor valor principalmente por el contenido de arcillas, y el bajo contenido de materia orgánica en estos suelos.

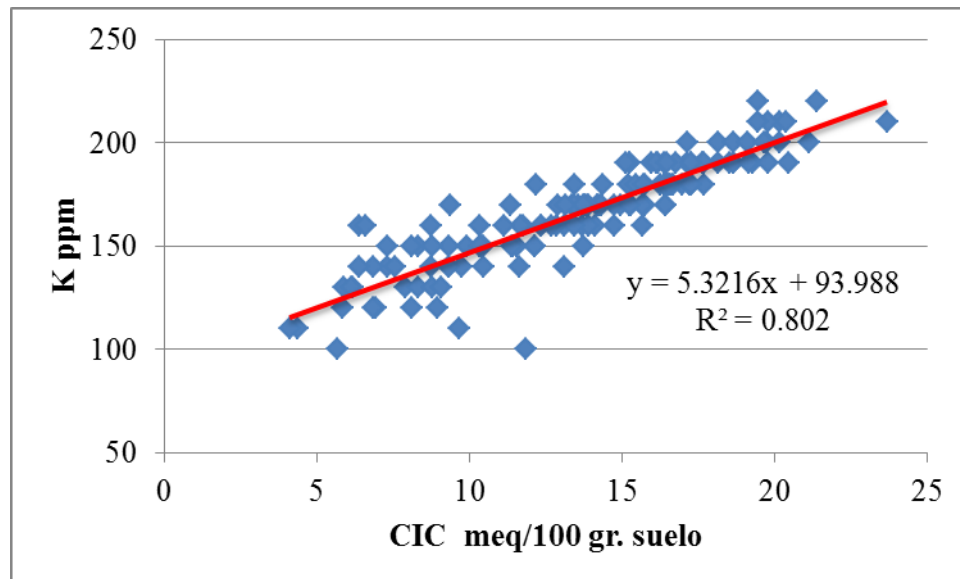


Gráfico N° 14. Correlación entre el contenido de potasio y la CIC en los suelos del valle del Chira

5.16. Dosis de fertilización en el cultivo de banano

En vista de los resultados obtenidos, se han estimado los requerimientos nutricionales que demanda el cultivo de banano en lo que se refiere a la dosis de nitrógeno (N), fósforo (P_2O_5) y potasio (K_2O). A la vez se proponen dos tipos de fertilización que pueden emplearse en el cultivo de acuerdo con los requerimientos encontrados en cada una de las muestras estudiadas.

Las dosis de fertilización a emplearse según las estimaciones obtenidas a partir de cada una de las muestras estudiadas varían en diferentes rangos, así tenemos que los requerimientos de nitrógeno varían desde 331 – 355 kg/ha, las dosis de fósforo están entre 163 – 182 Kg/ha, mientras que los requerimientos de potasio varían entre 320 – 600 Kg/ha.

En cuanto a las propuestas de fertilizantes que pueden emplearse para el suministro de nitrógeno, fósforo y potasio que demanda del cultivo de banano tenemos: la primera que es empleando productos como guano de isla y sulfato de potasio y la segunda que es empleando productos como compomaster y sulfato de potasio.

Para la primera propuesta de fertilización, las dosis de fertilizantes por aplicar de acuerdo a las estimaciones realizadas tenemos Guano de isla 2041 – 2270 Kg/ha, mientras que la dosis de sulfato de potasio esta entre 551 – 1113 Kg/ha.

Para la segunda propuesta de fertilización con el empleo de Compomaster el cual varía desde 1088 – 1211Kg/ha, mientras que la dosis de sulfato de potasio esta entre 3 – 437 Kg/ha, con lo cual se puede observar que el empleo de sulfato de potasio es mucho menor en comparación a su empleo en la primera propuesta de fertilización, tal como se puede observar en el cuadro N° 26.

Cuadro N° 26: recomendaciones de dosis de fertilización y fertilizantes en el cultivo de banano en cada uno de los suelos estudiados.

CODIGO DE MUESTRA	ELEMENTO: DOSIS Kg/Ha			FERTILIZANTES POR APLICAR Kg/Ha			
				DOSIS 1		DOSIS 2	
	NITROGENO (N)	FOSFORO (P2O5)	POTASIO (K20)	GUANO DE ISLA	SULFATO DE POTASIO	COMPOMASTER -	SULFATO DE POTASIO
1	349	179	390	2238	691	1193	108
2	348	176	437	2205	785	1176	185
3	348	179	460	2238	831	1193	213
4	350	179	437	2238	784	1193	178
5	355	179	483	2238	877	1193	248
6	353	176	460	2205	832	1176	220
7	345	174	483	2172	880	1158	262
8	348	169	437	2106	789	1123	206
9	352	179	460	2238	831	1193	213
10	354	179	460	2238	831	1193	213
11	353	176	390	2205	692	1176	115
12	354	179	413	2238	737	1193	143
13	355	179	390	2238	691	1193	108
14	349	176	437	2205	785	1176	185
15	352	179	577	2238	1064	1193	388
16	354	171	437	2139	788	1141	199
17	354	176	507	2205	925	1176	290
18	352	174	460	2172	833	1158	227
19	347	176	437	2205	785	1176	185
20	352	171	437	2139	788	1141	199
21	352	176	483	2205	878	1176	255
22	353	169	413	2106	742	1123	171
23	354	179	413	2238	737	1193	143
24	352	179	390	2238	691	1193	108
25	354	179	413	2238	737	1193	143
26	348	179	530	2238	971	1193	318
27	354	182	413	2270	736	1211	136
28	352	179	390	2238	691	1193	108
29	343	182	507	2270	923	1211	276
30	350	179	507	2238	924	1193	283
31	350	174	553	2172	1020	1158	367
32	349	169	367	2106	649	1123	101
33	354	179	343	2238	597	1193	38
34	352	182	530	2270	969	1211	311
35	345	182	483	2270	876	1211	241
36	353	182	530	2270	969	1211	311
37	352	176	320	2205	552	1176	10

..... Continúa el cuadro N° 26.

CODIGO DE MUESTRA	ELEMENTO: DOSIS Kg/Ha			FERTILIZANTES POR APLICAR Kg/Ha			
				DOSIS 1		DOSIS 2	
	NITROGENO (N)	FOSFORO (P2O5)	POTASIO (K2O)	GUANO DE ISLA	SULFATO DE POTASIO	COMPOMASTER -	SULFATO DE POTASIO
38	354	176	507	2205	925	1176	290
39	354	179	530	2238	971	1193	318
40	354	182	553	2270	1016	1211	346
41	348	179	483	2238	877	1193	248
42	353	171	437	2139	788	1141	199
43	348	174	483	2172	880	1158	262
44	353	176	343	2205	598	1176	45
45	354	179	320	2238	551	1193	3
46	353	179	460	2238	831	1193	213
47	344	174	390	2172	693	1158	122
48	345	174	367	2172	646	1158	87
49	351	176	390	2205	692	1176	115
50	353	179	600	2238	1111	1193	423
51	331	174	553	2172	1020	1158	367
52	351	179	390	2238	691	1193	107
53	353	176	460	2205	832	1176	220
54	354	176	367	2205	645	1176	80
55	353	169	530	2106	976	1123	346
56	348	169	530	2106	976	1123	346
57	348	171	553	2139	1021	1141	374
58	354	174	483	2172	880	1158	262
59	351	176	367	2205	645	1176	80
60	353	176	437	2205	785	1176	185
61	353	176	460	2205	832	1176	220
62	355	179	507	2238	924	1193	283
63	354	179	483	2238	877	1193	248
64	355	176	507	2205	925	1176	290
65	350	166	437	2073	790	1106	213
66	355	174	413	2172	740	1158	157
67	350	174	390	2172	693	1158	122
68	352	176	437	2205	785	1176	185
69	355	166	437	2073	790	1106	213
70	350	169	413	2106	742	1123	171
71	355	169	460	2106	836	1123	241
72	348	179	483	2238	877	1193	248
73	340	179	530	2238	971	1193	318
74	354	179	460	2238	831	1193	213

..... Continúa el cuadro N° 26.

CODIGO DE MUESTRA	ELEMENTO: DOSIS Kg/Ha			FERTILIZANTES POR APLICAR Kg/Ha			
				DOSIS 1		DOSIS 2	
	NITROGENO (N)	FOSFORO (P2O5)	POTASIO (K2O)	GUANO DE ISLA	SULFATO DE POTASIO	COMPOMASTER -	SULFATO DE POTASIO
75	354	179	413	2238	737	1193	143
76	355	182	437	2270	783	1211	171
77	348	169	437	2106	789	1123	207
78	351	169	460	2106	836	1123	241
79	355	171	507	2139	928	1140	304
80	351	171	553	2139	1021	1141	374
81	349	174	437	2172	786	1158	192
82	349	166	390	2073	697	1106	143
83	354	176	413	2205	738	1176	150
84	351	176	413	2205	738	1176	150
85	354	174	390	2172	693	1158	122
86	352	179	343	2238	597	1193	38
87	350	174	390	2172	693	1158	122
88	354	176	507	2205	925	1176	290
89	354	179	413	2238	737	1193	143
90	351	174	390	2172	693	1158	122
91	355	179	413	2238	737	1193	142
92	352	179	460	2238	831	1193	213
93	353	166	437	2073	790	1106	213
94	355	176	437	2205	785	1176	185
95	353	174	413	2172	740	1158	157
96	354	174	390	2172	693	1158	122
97	354	176	460	2205	832	1176	220
98	348	176	413	2205	738	1176	150
99	349	176	390	2205	692	1176	115
100	349	166	483	2073	884	1106	283
101	342	179	367	2238	644	1193	73
102	352	179	367	2238	644	1193	73
103	354	179	390	2238	691	1193	108
104	348	163	460	2041	838	1088	255
105	353	176	413	2205	738	1176	150
106	347	166	413	2073	744	1106	178
107	351	179	483	2238	877	1193	248
108	354	176	390	2205	692	1176	115
109	352	163	413	2041	745	1088	185
110	348	171	437	2139	788	1141	199
111	349	174	483	2172	880	1158	262

..... Continúa el cuadro N° 26.

CODIGO DE MUESTRA	ELEMENTO: DOSIS Kg/Ha			FERTILIZANTES POR APLICAR Kg/Ha			
				DOSIS 1		DOSIS 2	
	NITROGENO (N)	FOSFORO (P2O5)	POTASIO (K2O)	GUANO DE ISLA	SULFATO DE POTASIO	COMPOMASTER -	SULFATO DE POTASIO
112	352	174	507	2172	926	1158	297
113	347	174	390	2172	693	1158	122
114	349	176	343	2205	598	1176	45
115	350	176	483	2205	878	1176	255
116	350	169	507	2106	929	1123	310
117	346	169	413	2106	742	1123	171
118	351	176	413	2205	738	1176	150
119	353	176	437	2205	785	1176	185
120	352	169	437	2106	789	1123	207
121	349	174	483	2172	880	1158	262
122	354	174	390	2172	693	1158	122
123	352	176	437	2205	785	1176	185
124	354	179	460	2238	831	1193	213
125	352	176	367	2205	645	1176	80
126	350	176	577	2205	1065	1176	395
127	354	174	413	2172	740	1158	157
128	349	171	437	2139	788	1141	199
129	353	176	390	2205	692	1176	115
130	354	176	367	2205	645	1176	80
131	354	176	413	2205	738	1176	150
132	342	174	390	2172	693	1158	122
133	354	174	600	2172	1113	1158	437
134	354	176	437	2205	785	1176	185
135	352	176	413	2205	738	1176	150
136	348	179	390	2238	691	1193	108
137	347	166	413	2073	744	1106	178
138	352	176	507	2205	925	1176	290
139	354	179	437	2238	784	1193	178
140	350	179	460	2238	831	1193	213
141	353	176	390	2205	692	1176	115
142	354	176	483	2205	878	1176	255
143	348	166	483	2073	884	1106	283
144	351	174	343	2172	600	1158	52
145	355	166	460	2073	837	1106	248
146	355	169	577	2106	1069	1123	416
147	354	171	437	2139	788	1141	199
148	355	179	460	2238	831	1193	213

5.17. Indicadores del nivel de fertilidad de los suelos

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos a partir de los análisis realizados a cada una de las muestras de suelo estudiadas, se han establecido los niveles de fertilidad para cada uno de los suelos estudiados. Para ello se ha tenido en cuenta los valores de los ocho indicadores de fertilidad del suelo como son, reacción del suelo (pH), conductividad eléctrica (CE), carbonatos (CO_3Ca), materia orgánica (M.O), nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) y capacidad de intercambio catiónico (CIC).

De otro lado, según los valores de cada uno de los indicadores de fertilidad encontrados en cada una de las muestras, se han calificado en cuatro categorías (categoría 1, categoría 2, categoría 3 y categoría 4). Siendo la categoría 1 una calificación que indica un nivel bajo respecto a cierto indicador de fertilidad y la categoría 4 un nivel alto que sería lo más apropiado u óptimo para calificar un suelo con un nivel de fertilidad alto según sus indicadores de fertilidad.

Según como se haya calificado un suelo de acuerdo a las categorías establecidas, estas a la vez se califican en Niveles de fertilidad los cuales pueden ser nivel alto, nivel medio o nivel bajo. Para ello se tiene en consideración ciertos rangos que se han establecido para dicho fin, tal como se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 27: Rango de niveles ponderados para la clasificación del nivel de fertilidad de los suelos estudiados

Rango de ponderaciones	clasificación
1 - 2	Bajo
2 - 3	Medio
3 - 4	Alto

Es pertinente mencionar, que, al efectuar la calificación de los niveles de fertilidad en cuatro niveles, la finalidad es realizar la sumatoria de todos los indicadores y al final obtener un promedio ponderado de los ocho indicadores, de tal forma que el mínimo promedio ponderado posible es de 1 y el máximo promedio ponderado posible sería 4.

En base a los niveles de fertilidad estimados a partir de los indicadores de fertilidad, se puede concluir que las muestras de suelos procedentes del valle del Chira presentan niveles de fertilidad bajos y medios. El 22% del total de las muestras presentan un nivel bajo de fertilidad mientras que el 78% de estas presenta nivel medio de fertilidad. El nivel de fertilidad estimado para cada una de las muestras se presenta en el cuadro N° 29 y sintetizado en el siguiente cuadro (N°28).

Cuadro N° 28: Porcentaje de las muestras estudiadas según su nivel de fertilidad

Nivel	%
Bajo	22
Medio	78
Alto	0
Total	100

El suelo de acuerdo con los 8 indicadores de fertilidad estimados, tomando en cuenta el valor ponderado de dichos parámetros, se llega a estimar un nivel bajo a medio de fertilidad. Los indicadores que deberán mejorarse para pasar del nivel medio al nivel alto de fertilidad son: materia orgánica, nitrógeno disponible, fósforo disponible, potasio disponible y capacidad de intercambio catiónico.

Cuadro N° 29: Indicadores del nivel de fertilidad de cada uno de los suelos estudiados

Muestra	Niveles de los indicadores de fertilidad								Sumatoria	Cantidad	Ponderado	Clasificación
	pH	CE	Co ₃ Ca	M.O	N	P	K	CIC				
1	1	4	2	1	1	2	3	4	18	8	2.25	medio
2	2	3	4	1	1	2	3	3	19	8	2.38	medio
3	1	3	4	1	1	2	2	2	16	8	2.00	medio
4	1	3	3	1	1	2	3	4	18	8	2.25	medio
5	1	3	3	1	1	2	2	1	14	8	1.75	bajo
6	2	3	3	1	1	2	2	2	16	8	2.00	medio
7	2	3	4	1	1	2	2	1	16	8	2.00	medio
8	2	4	4	1	1	3	3	3	21	8	2.63	medio
9	1	3	3	1	1	2	2	3	16	8	2.00	medio
10	1	1	2	1	1	2	2	3	13	8	1.63	bajo
11	2	4	4	1	1	2	3	4	21	8	2.63	medio
12	1	3	3	1	1	2	3	4	18	8	2.25	medio
13	1	3	2	1	1	2	3	4	17	8	2.13	medio
14	2	3	4	1	1	2	3	4	20	8	2.50	medio
15	1	4	1	1	1	2	2	1	13	8	1.63	bajo
16	3	4	4	1	1	3	3	4	23	8	2.88	medio
17	2	3	3	1	1	2	2	2	16	8	2.00	medio
18	2	3	4	1	1	2	2	4	19	8	2.38	medio
19	1	3	3	1	1	2	3	4	18	8	2.25	medio
20	2	3	4	1	1	3	3	3	20	8	2.50	medio
21	1	3	3	1	1	2	2	2	15	8	1.88	bajo
22	2	4	4	1	1	3	3	4	22	8	2.75	medio
23	1	3	2	1	1	2	3	4	17	8	2.13	medio
24	1	3	3	1	1	2	3	4	18	8	2.25	medio
25	1	3	3	1	1	2	3	4	18	8	2.25	medio
26	2	4	4	1	1	2	2	1	17	8	2.13	medio
27	1	3	2	1	1	2	3	4	17	8	2.13	medio
28	1	3	3	1	1	2	3	4	18	8	2.25	medio
29	1	4	1	1	1	2	2	1	13	8	1.63	bajo
30	1	3	2	1	1	2	2	1	13	8	1.63	bajo
31	2	3	3	1	1	2	2	1	15	8	1.88	bajo
32	2	3	4	1	1	3	3	4	21	8	2.63	medio
33	1	3	2	1	1	2	3	4	17	8	2.13	medio
34	1	4	2	1	1	2	2	1	14	8	1.75	bajo
35	1	3	3	1	1	2	2	2	15	8	1.88	bajo
36	1	1	2	1	1	2	2	1	11	8	1.38	bajo
37	2	4	4	1	1	2	3	4	21	8	2.63	medio

..... Continúa el cuadro N° 29.

Muestra	Niveles de los indicadores de fertilidad								Sumatoria	Cantidad	Ponderado	Clasificación
	pH	CE	Co ₃ Ca	M.O	N	P	K	CIC				
38	2	4	3	1	1	2	2	1	16	8	2.00	medio
39	2	4	3	1	1	2	2	1	16	8	2.00	medio
40	1	4	3	1	1	2	2	1	15	8	1.88	bajo
41	1	3	3	1	1	2	2	1	14	8	1.75	bajo
42	3	4	4	1	1	3	3	4	23	8	2.88	medio
43	2	4	3	1	1	2	2	2	17	8	2.13	medio
44	1	3	3	1	1	2	3	4	18	8	2.25	medio
45	1	3	2	1	1	2	3	4	17	8	2.13	medio
46	2	3	3	1	1	2	2	1	15	8	1.88	bajo
47	2	3	4	1	1	2	3	4	20	8	2.50	medio
48	2	3	4	1	1	2	3	4	20	8	2.50	medio
49	1	3	3	1	1	2	3	4	18	8	2.25	medio
50	1	4	3	1	1	2	2	2	16	8	2.00	medio
51	2	3	4	1	1	2	2	1	16	8	2.00	medio
52	1	3	3	1	1	2	3	4	18	8	2.25	medio
53	2	3	4	1	1	2	2	4	19	8	2.38	medio
54	1	3	3	1	1	2	3	4	18	8	2.25	medio
55	3	3	4	1	1	3	2	1	18	8	2.25	medio
56	2	4	4	1	1	3	2	1	18	8	2.25	medio
57	2	3	4	1	1	3	2	1	17	8	2.13	medio
58	2	3	3	1	1	2	2	3	17	8	2.13	medio
59	2	3	3	1	1	2	3	4	19	8	2.38	medio
60	1	1	3	1	1	2	3	4	16	8	2.00	medio
61	1	4	3	1	1	2	2	3	17	8	2.13	medio
62	1	2	2	1	1	2	2	1	12	8	1.50	bajo
63	1	3	2	1	1	2	2	2	14	8	1.75	bajo
64	2	1	3	1	1	2	2	1	13	8	1.63	bajo
65	3	4	4	1	1	3	3	4	23	8	2.88	medio
66	1	3	2	1	1	2	3	4	17	8	2.13	medio
67	2	3	3	1	1	2	3	4	19	8	2.38	medio
68	1	3	3	1	1	2	3	4	18	8	2.25	medio
69	4	3	4	1	1	3	3	4	23	8	2.88	medio
70	2	2	4	1	1	3	3	4	20	8	2.50	medio
71	2	3	4	1	1	3	2	3	19	8	2.38	medio
72	1	4	3	1	1	2	2	1	15	8	1.88	bajo
73	1	4	2	1	1	2	2	1	14	8	1.75	bajo
74	1	4	1	1	1	2	2	3	15	8	1.88	bajo

..... Continúa el cuadro N° 29.

Muestra	Niveles de los indicadores de fertilidad								Sumatoria	cantidad	ponderado	clasifi- cacion
	pH	CE	Co ₃ Ca	M.O	N	P	K	CIC				
75	1	4	1	1	1	2	3	3	16	8	2.00	medio
76	1	1	1	1	1	2	3	4	14	8	1.75	bajo
77	3	3	4	1	1	3	3	3	21	8	2.63	medio
78	2	3	4	1	1	3	2	3	19	8	2.38	medio
79	2	4	4	1	1	3	2	1	18	8	2.25	medio
80	2	4	3	1	1	3	2	1	17	8	2.13	medio
81	1	4	3	1	1	2	3	3	18	8	2.25	medio
82	2	2	4	1	1	3	3	4	20	8	2.50	medio
83	1	2	3	1	1	2	3	4	17	8	2.13	medio
84	1	3	2	1	1	2	3	4	17	8	2.13	medio
85	2	4	3	1	1	2	3	4	20	8	2.50	medio
86	1	2	1	1	1	2	3	4	15	8	1.88	bajo
87	2	3	4	1	1	2	3	4	20	8	2.50	medio
88	1	3	3	1	1	2	2	1	14	8	1.75	bajo
89	1	3	2	1	1	2	3	4	17	8	2.13	medio
90	2	3	4	1	1	2	3	4	20	8	2.50	medio
91	1	1	3	1	1	2	3	4	16	8	2.00	medio
92	1	3	3	1	1	2	2	2	15	8	1.88	bajo
93	4	4	4	1	1	3	3	4	24	8	3.00	medio
94	1	3	2	1	1	2	3	3	16	8	2.00	medio
95	1	3	3	1	1	2	3	4	18	8	2.25	medio
96	1	3	3	1	1	2	3	4	18	8	2.25	medio
97	1	3	3	1	1	2	2	3	16	8	2.00	medio
98	1	4	3	1	1	2	3	4	19	8	2.38	medio
99	1	3	2	1	1	2	3	4	17	8	2.13	medio
100	3	4	4	1	1	3	2	2	20	8	2.50	medio
101	1	3	3	1	1	2	3	4	18	8	2.25	medio
102	1	3	2	1	1	2	3	4	17	8	2.13	medio
103	1	2	2	1	1	2	3	4	16	8	2.00	medio
104	3	4	4	1	1	3	2	3	21	8	2.63	medio
105	1	1	3	1	1	2	3	4	16	8	2.00	medio
106	2	3	4	1	1	3	3	4	21	8	2.63	medio
107	1	3	2	1	1	2	2	2	14	8	1.75	bajo
108	2	3	3	1	1	2	3	4	19	8	2.38	medio
109	3	3	4	1	1	3	3	4	22	8	2.75	medio
110	2	3	4	1	1	3	3	3	20	8	2.50	medio
111	2	3	3	1	1	2	2	3	17	8	2.13	medio

..... Continúa el cuadro N° 29.

Muestra	Niveles de los indicadores de fertilidad								Sumatoria	cantidad	ponderado	clasifi- cacion
	pH	CE	Co ₃ Ca	M.O	N	P	K	CIC				
112	2	3	3	1	1	2	2	3	17	8	2.13	medio
113	2	3	4	1	1	2	3	4	20	8	2.50	medio
114	2	3	3	1	1	2	3	4	19	8	2.38	medio
115	2	3	3	1	1	2	2	3	17	8	2.13	medio
116	2	4	4	1	1	3	2	2	19	8	2.38	medio
117	2	4	4	1	1	3	3	4	22	8	2.75	medio
118	2	3	3	1	1	2	3	4	19	8	2.38	medio
119	1	3	3	1	1	2	3	3	17	8	2.13	medio
120	2	3	4	1	1	3	3	4	21	8	2.63	medio
121	1	4	3	1	1	2	2	2	16	8	2.00	medio
122	2	3	3	1	1	2	3	4	19	8	2.38	medio
123	1	4	3	1	1	2	3	4	19	8	2.38	medio
124	1	4	2	1	1	2	2	4	17	8	2.13	medio
125	1	3	3	1	1	2	3	4	18	8	2.25	medio
126	1	1	2	1	1	2	2	1	11	8	1.38	bajo
127	2	3	3	1	1	2	3	4	19	8	2.38	medio
128	2	4	4	1	1	3	3	3	21	8	2.63	medio
129	1	3	3	1	1	2	3	4	18	8	2.25	medio
130	3	3	4	1	1	2	3	4	21	8	2.63	medio
131	1	3	3	1	1	2	3	4	18	8	2.25	medio
132	2	4	3	1	1	2	3	4	20	8	2.50	medio
133	1	4	2	1	1	2	2	1	14	8	1.75	bajo
134	1	4	3	1	1	2	3	2	17	8	2.13	medio
135	1	4	3	1	1	2	3	3	18	8	2.25	medio
136	1	3	1	1	1	2	3	4	16	8	2.00	medio
137	3	3	4	1	1	3	3	4	22	8	2.75	medio
138	1	4	3	1	1	2	2	1	15	8	1.88	bajo
139	1	4	3	1	1	2	3	3	18	8	2.25	medio
140	1	4	2	1	1	2	2	2	15	8	1.88	bajo
141	1	3	3	1	1	2	3	4	18	8	2.25	medio
142	1	3	3	1	1	2	2	1	14	8	1.75	bajo
143	4	3	4	1	1	3	2	1	19	8	2.38	medio
144	2	3	3	1	1	2	3	4	19	8	2.38	medio
145	1	2	1	1	1	3	2	1	12	8	1.50	bajo
146	1	2	1	1	1	3	2	1	12	8	1.50	bajo
147	2	4	3	1	1	3	3	1	18	8	2.25	medio
148	1	4	1	1	1	2	2	1	13	8	1.63	bajo

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES

6.1. Caracterización fisicoquímica

- La conductividad eléctrica de los suelos estudiados, se encuentra en un rango que de 0.15 a 2.87 dS/m, con un promedio de 0.78, los cuales son calificados como niveles bajos de salinidad. Este parámetro tendría un efecto poco significativo en la mayoría de los cultivos, sin embargo, para el cultivo de banano los valores mayores a 1.3 dS/m afectarían la producción.
- El 95% de los suelos estudiados en cuanto al pH presenta niveles ligeramente a moderadamente alcalinos, en un rango de 7.4 a 8.4, mientras que el 5% restante son suelos neutros.
- Respecto al contenido de carbonatos en los suelos, está entre 0 – 15.5 % de CaCO_3 . El 76 % de las muestras presenta valores medios y bajos (valores menores a 5% de CaCO_3). Mientras que el resto de los suelos (24%) presenta valores altos, dichos resultados se correlacionan directamente con el pH del suelo.
- Los valores de materia orgánica son muy bajos, con niveles entre 0.10 – 1.30 %, lo cual indica que tiene una pobre contribución en la nutrición mineral de los cultivos y el mejoramiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.
- El contenido de nitrógeno en los suelos es muy bajo, presentan valores menores a 0.07 %, esto principalmente como consecuencia de los bajos niveles de materia orgánica.

- Los suelos estudiados presentan niveles medios de fosforo (P), los cuales varían en un rango de 7 a 14 ppm. Lo cual es de gran importancia al momento de planificar la fertilización de los cultivos, pues se requerirán de dosis medias de este importante elemento.
- El contenido de potasio en los suelos estudiados varía en un rango de 100 a 220 ppm, calificado como un nivel medio. Con lo cual se puede afirmar que son suelos con niveles inapropiados para brindar las cantidades necesarias que demandan los cultivos, principalmente el cultivo de banano que es un cultivo que extrae altas cantidades de potasio.
- Los niveles de CIC, tienen un rango amplio, desde muy bajos hasta altos, con valores de 4 a 23 meq. /100 gr de suelo, De acuerdo a estos resultados se puede deducir que los valores muy bajos y bajos corresponden a suelos de textura arenosa y bajo contenido de materia orgánica, mientras que los valores medios y altos corresponden a suelos de textura franca y franco arcillosos.
- Las clases texturales más comunes son franco arcillosos (46.6%), francos (26%) y franco arenosos (17.5%), mientras que el 10% restante está representado por otras clases texturales como franco limosos, franco arcillo arenosos, franco arcillo limosos, arena franca y arcillas.
- Los valores promedio de la densidad de volumen del suelo (ton/m^3), están de acuerdo a las clases texturales encontradas: para suelos franco arcillosos (1.35), franco (1.37), franco arenoso (1.48), franco limoso (1.39), franco arcillo arenoso (1.43), franco arcillo limoso (1.29), arena franca (1.45) y arcilla (1.30). Estos valores inciden en los cálculos de fertilización y aplicación de abonos en el cultivo de banano.
- Los colores predominantes en los suelos estudiados son colores claros, el 89.1% de los suelos son pardo amarillento claro, pardo amarillento, pardo pálido y pardo oliva claro, lo cual se debe a los bajos contenidos de materia orgánica que presentan estos suelos.

6.2. Correlación entre características físicas y químicas del suelo

- La correlación entre el contenido de carbonatos y el pH del suelo es moderada, hay un 36% el grado de asociación entre ambas variables. Se espera mayor grado de asociación, pero ello va a depender en gran medida de la caliza activa.
- Existe una alta correlación entre la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y el porcentaje de arcillas presentes en el suelo, siendo 88% el grado de asociación entre estas dos variables.
- La correlación entre contenido de materia orgánica y la capacidad de intercambio catiónico, estadísticamente no es significativa, tiene un coeficiente de correlación de 0.0027, esto como consecuencia de los niveles muy bajos de materia orgánica que presentan los suelos.
- El grado de correlación existente entre el contenido de potasio disponible del suelo y a la capacidad de intercambio catiónico de los suelos es alto, pues el grado de asociación entre estas dos variables es de 80%.

6.3. Indicadores del nivel de fertilidad

- Los indicadores de fertilidad de los suelos más significativos son: reacción del suelo (pH), conductividad eléctrica (CE), carbonatos (CO_3Ca), materia orgánica (M.O), nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) y capacidad de intercambio catiónico (CIC).
- Los suelos estudiados en el Valle del Chira presentan niveles de fertilidad bajos y medios, según los valores de los indicadores ponderados, el 22% del total de las muestras presentan un nivel bajo de fertilidad mientras que el 78% de estas presenta nivel medio de fertilidad.
- Los niveles de fertilidad encontrados, permiten cuantificar las medidas de recuperación del suelo, para hacerlo más productivo, lo cual se traduce en dosis de fertilización y prácticas de manejo del suelo.

CAPÍTULO VII

7. RECOMENDACIONES

7.1. Recomendaciones para mejorar la capacidad productiva del suelo

En base a los resultados obtenidos a partir del análisis de caracterización realizado a suelos procedentes del valle del Chira, se proponen ciertas recomendaciones que deberían de tomarse en cuenta para el mejoramiento de las características físicas químicas y biológicas del suelo, así como también para el mejoramiento de los niveles de fertilidad de los mismos. Para ello se recomienda lo siguiente:

- En vista de que los suelos estudiados presentan niveles muy bajos de materia orgánica, se recomienda incorporaciones importantes de materia orgánica, las cuales oscilan entre 39 a 45 toneladas de materia orgánica por hectárea. De esta manera se estaría contribuyendo a incrementar en un 1% el contenido de materia orgánica en el suelo a nivel de capa arable.
- La tendencia de los suelos a la salinización permite recomendar que aquellos suelos que superan el valor de 1.3 dS/m, sean implementados con un sistema de drenaje eficiente y sometidos a lavado de sales, debido a que el banano es un cultivo sensible a dichos niveles de salinidad.

7.2. Recomendaciones en función de las dosis de fertilización.

- De acuerdo a los resultados obtenidos se recomiendan la siguiente dosis de fertilización según la demanda el cultivo de banano, en lo que se refiere a la dosis de nitrógeno (N), fosforo (P_2O_5) y potasio (K_2O). las dosis estimadas para el cultivo de banano en el valle del Rio Chira son las siguientes:

Cuadro N° 30: Dosis de fertilización según la demanda el cultivo de banano

Dosis: kg/ha		
N	P_2O_5	K_2O
331 - 355	163 - 182	320 -600

- Se recomiendan dos formulaciones de fertilización que pueden emplearse en el cultivo de banano, de acuerdo a los requerimientos del cultivo, la primera es empleando productos como guano de isla y sulfato de potasio y la segunda empleando productos como compomaster y sulfato de potasio. Así tenemos:

Cuadro N° 31: Formulaciones de fertilización para el cultivo de banano

1° Propuesta de fertilización Kg/ha		2° Propuesta de fertilización Kg/ha	
GUANO DE ISLA	SULFATO DE POTASIO	COMPOMASTER	SULFATO DE POTASIO
2041 - 2270	551 - 1113	1088 -1211	3 - 437

7.3. RESUMEN

El área de estudio se ubica en el Valle del río Chira, al Noroeste del Perú, en la Región Piura, entre las coordenadas 4°41'12.03"S y 80°30'49.80"O a 4°54'12.89"S y 81° 7'29.39"O. El objetivo ha sido determinar la correlación entre variables físicas y químicas para determinar el nivel de fertilidad de suelos cultivados con banano.

La metodología aplicada está de acuerdo con las Normas Legales existentes para Levantamiento de Suelos, detalladas en el Decreto Supremo N° 013-2010-AG. Los análisis en laboratorio siguieron los estándares a nivel nacional.

El contenido de CaCO_3 , está entre 0 a 15.5 %, el 76 % de las muestras presenta valores medios y bajos. La conductividad eléctrica, se encuentra en un rango que va desde 0.15 – 2.87 dS/m, el pH es de 6.80 a 8.25, son neutros a moderadamente alcalinos. Los niveles de materia orgánica y nitrógeno son muy bajos, el nivel de fósforo y potasio están en niveles medios. La capacidad de intercambio catiónico (CIC) es variable, desde niveles bajos a altos. Las clases texturales más comunes son franco arcillosos (46.6%), francos (26%) y franco arenosos (17.5%). Los valores de densidad de volumen están en un rango de 1.29 a 1.48 g/cm³.

Existe una alta correlación entre arcillas y CIC, potasio y CIC; hay una correlación moderada entre contenido de carbonatos y pH del suelo; hay una baja correlación entre el contenido de materia orgánica y CIC.

Los indicadores de fertilidad de los suelos son: reacción del suelo, conductividad eléctrica, carbonatos, materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio y CIC. Los suelos presentan niveles de fertilidad bajos y medios, según los valores de los indicadores ponderados, el 22% del total de las muestras presentan un nivel bajo de fertilidad mientras que el 78% presenta nivel medio.

PALABRAS CLAVES: Suelos y producción, Valle del Chira.

7.4. SUMMARY

The study area is located in the Chira River Valley, in the Northwest of Peru, in the Piura Region, between the coordinates 4°41'12.03 "S and 80°30'49.80" W at 4°54'12.89 "S and 81°7'29.39"O. The objective was to determine the correlation between physical and chemical variables to determine the level of fertility of soils grown with banana.

The methodology applied is in accordance with the existing Legal Norms for Soil Survey, detailed in Supreme Decree N° 013-2010-AG. The laboratory analyzes followed the national standards.

The CaCO₃ content is between 0 to 15.5%, 76% of the samples have medium and low values. The electrical conductivity, is in a range that goes from 0.15 - 2.87 dS/m, the pH is from 6.80 to 8.25, are neutral to moderately alkaline. The levels of organic matter and nitrogen are very low, the level of phosphorus and potassium are at medium levels. The cation exchange capacity (CIC) is variable, from low to high levels. The most common textural classes are clay loams (46.6%), francs (26%) and sandy loam (17.5%). The volume density values are in a range of 1.29 to 1.48 g/cm³.

There is a high correlation between clays and CIC, potassium and CIC; there is a moderate correlation between carbonate content and soil pH; there is a low correlation between the content of organic matter and CIC.

Soil fertility indicators are: soil reaction, electrical conductivity, carbonates, organic matter, nitrogen, phosphorus, potassium and CIC. The soils have low and medium fertility levels, according to the values of the weighted indicators, 22% of the total samples have a low level of fertility while 78% present a medium level.

KEY WORDS: Chira , Valley.

CAPÍTULO VIII

BIBLIOGRAFÍA

1. **AUBERT, J.; BOULAIN, J. (1967):** *La Pedologie*. Coll. «Que sais-je? » P.U.F. Paris. Traducción con el título «*La Edafologia*». Ed. Oikos-Tau. Barcelona, 1982.
2. **BENNEMA, J. (1963)** the red and yellow Soils of the tropical and subtropical Uplands Soil Sci.; 95: 250-257
3. **BUOL, S. W.; F. D. HOLE; R. J. McCRAKEN.** And R. J. SOUTHARD. 1997. Soil Genesis and Classification. 4ª. Ed. Iowa State University Press. Iowa U. S. A. 527 p
4. **BUOL, S.W, F.D. HOLE Y R.J MCCRACKEN. 1989.** Génesis y clasificación de suelos. Capítulo 6: Procesos edafológicos. Ed. Trillas. México. 111-124 pp.
5. **Buol, S.W; Hole, F.D & Mc Cracken, R.J,** Génesis y clasificación de suelos tercera reimpresión, Editorial Trillas, 2000, 417 pp.
6. **Carefoot, JM; J.B. BOLE and T. ENTZ. 1989.** Relative efficiency of fertilizer N and soil nitrate at various depths for the production of soft white wheat. Can. J. Soil Sci
7. **CLINE, M. 1944.** Principles of soil sampling. Soil Sci. 58:275-288.
8. **CROMPTON, E (1963)** Soil Formation Outlook on Agriculture; 3:209-218
9. **DIARIO OFICIAL EL PERUANO. 2009.** decreto supremo N° 017-2009 – AG. reglamento para la ejecución de estudios de levantamiento de suelos. Lima (02/09/2009). pp. 34288 – 34295

10. **DORAN J.W. Y PARKIN T. B. 1994.**Defining and assessing soil quality. In: Doran J. W., Coleman D. C., Bezdicek D. C. y Stewart B. A. (eds). 1994. Defining and Assessing Soil Quality for Sustainable Environment. Soil Science Society of America. Special Publication 35. Madison, Wisconsin, USA.
11. **F.A.O. 1976.** A Framework for land evaluation. Soil Bull. 32. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma.
12. **FITZPATRICKS, E.A 1978.** Introducción a la ciencia de suelos .México: publicación cultural.
13. **FUENTES YAGÜE J. (1983).** El suelo y los fertilizantes; 327 pp.
14. **GUERRERO GARCÍA A. (1990).** El suelo los abonos y la fertilización de los cultivos; 206pp.
15. **GOMES ARIZTIZABAL, A. (1975)** manual de conservación de ladera. Bogota: centro de investigación café - 259 pp.
16. **GUTIÉRREZ, F.L. O. 1997.** Evaluación de la calidad del dato analítico. I., 63-72 pp. En: Osorio, W. Diagnostico Químico de la Fertilidad de Suelos. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, Medellín.
17. **HILLEL, D. 1998.** Environmental soil physics. Academic Press. San Diego. U.S.A. 771 p.
18. **IBÁÑEZ, J .J., S DE ALBA, A. GARCÍA ÁLVAREZ. 2000.** Una disciplina en crisis. Bases para un cambio de paradigma en Edafología (El suelo, su clasificación e inventario).
19. **IICA. 1992.** Fertilización en diversos cultivos. Quinta aproximación. Produmedios, Santafé de Bogotá.

20. **INSTITUTO DE LA POTASA Y EL FOSFATO. 1997.** Manual Internacional de la Fertilidad del Suelo. INPOFOS, Quito, Ecuador. sp.
21. **JARAMILLO, D. F.; L. N. PARRA y L. H. GONZÁLEZ. 1994.** El recurso suelo en Colombia: Distribución y evaluación. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 88 p.
22. **PALACIOS, HANSON, AYERS Y WESTCOT.** Calidad del agua para riego agrícola.
23. **PIP, Banano Orgánico Proyecto de Inversión Pública (2016).** Gobierno Regional Piura, Dirección regional Agraria. Diagnostico - Línea Base.
24. **RODRIGUEZ, F. H and RODRIGUEZ A. J, (2011),** métodos de análisis de suelos y plantas, criterios de interpretación, editorial trillas, México. 196 pág.
25. **SCHOENEBERGER, P.J., D.A. WYSOCKI, E.C. BENHAM, W.D. BRODERSON. 1998.** Field book for describing and sampling soils. Natural Resources Conservation Service, USDA, National Soil Survey Center, Lincoln, NE.
26. **SOIL SURVEY STAFF. (SSS) 1975.** Soil Taxonomy. A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. Agriculture Handbook N° 436. USDA. Washington D. C. 754 p.
27. **SOTO, Moisés. 2008.** Banano Técnicas de Producción, Manejo, Poscosecha y Comercialización. Tercera Edición corregida y aumentada en versión CD. Costa Rica: Litografía e Imprenta LIL, 1,090 páginas.
28. **SWING TORRES,** Proyecto Norte Emprendedor – Swisscontact Guía práctica para el manejo de banano orgánico en el valle del Chira. Primera edición Piura - Perú, junio 2012.

29. **U.S.D.A. 2009.** Soil taxonomy a basic system of soil classification for making interpreting soil survey staff - USDA. U.S.A.
30. **WORTHEN, E. L. 1949.** Suelos agrícolas: Su conservación y fertilización. U.T.E.H.A. México. 463 p.
31. **ZAMUNER, E; L. PICONE Y H. ECHEVARRIA. 2003.** Profundidad de muestreo de suelo: relación del rendimiento con el fósforo disponible.

ANEXOS

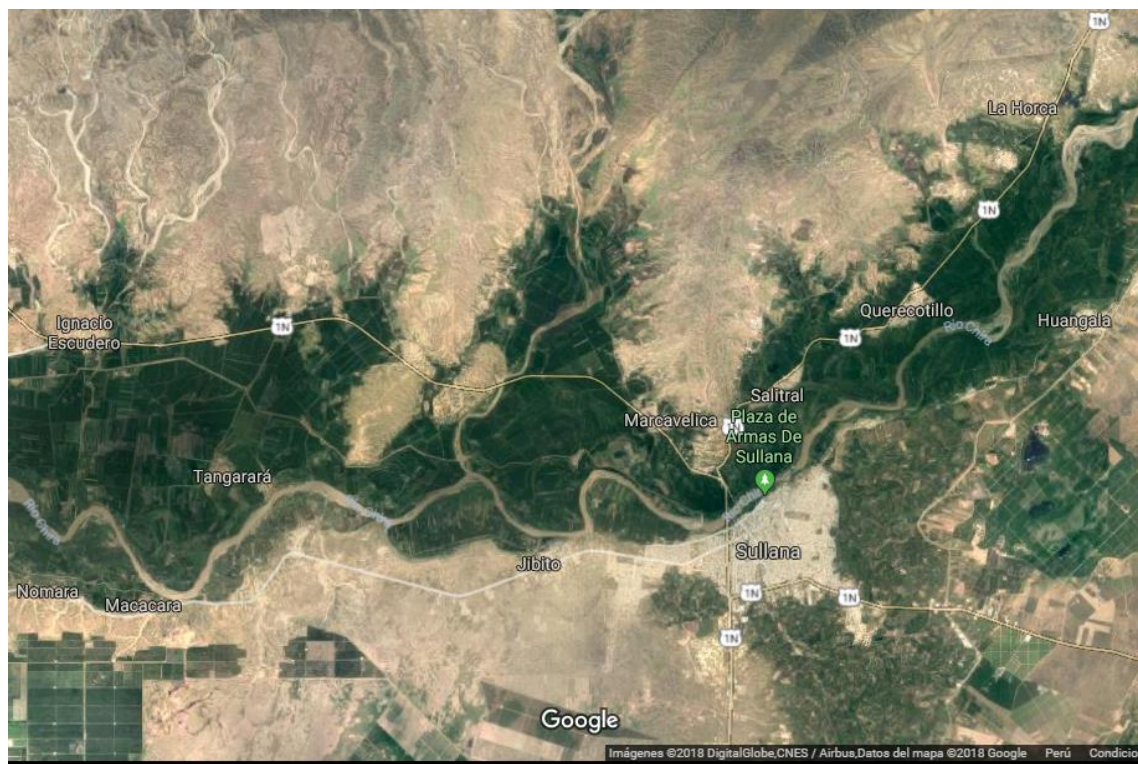
ANEXO 1: Mapa político del departamento de Piura



ANEXO 2: Mapa político de la provincia de Sullana



ANEXO 3: Imagen satelital del valle del Chira



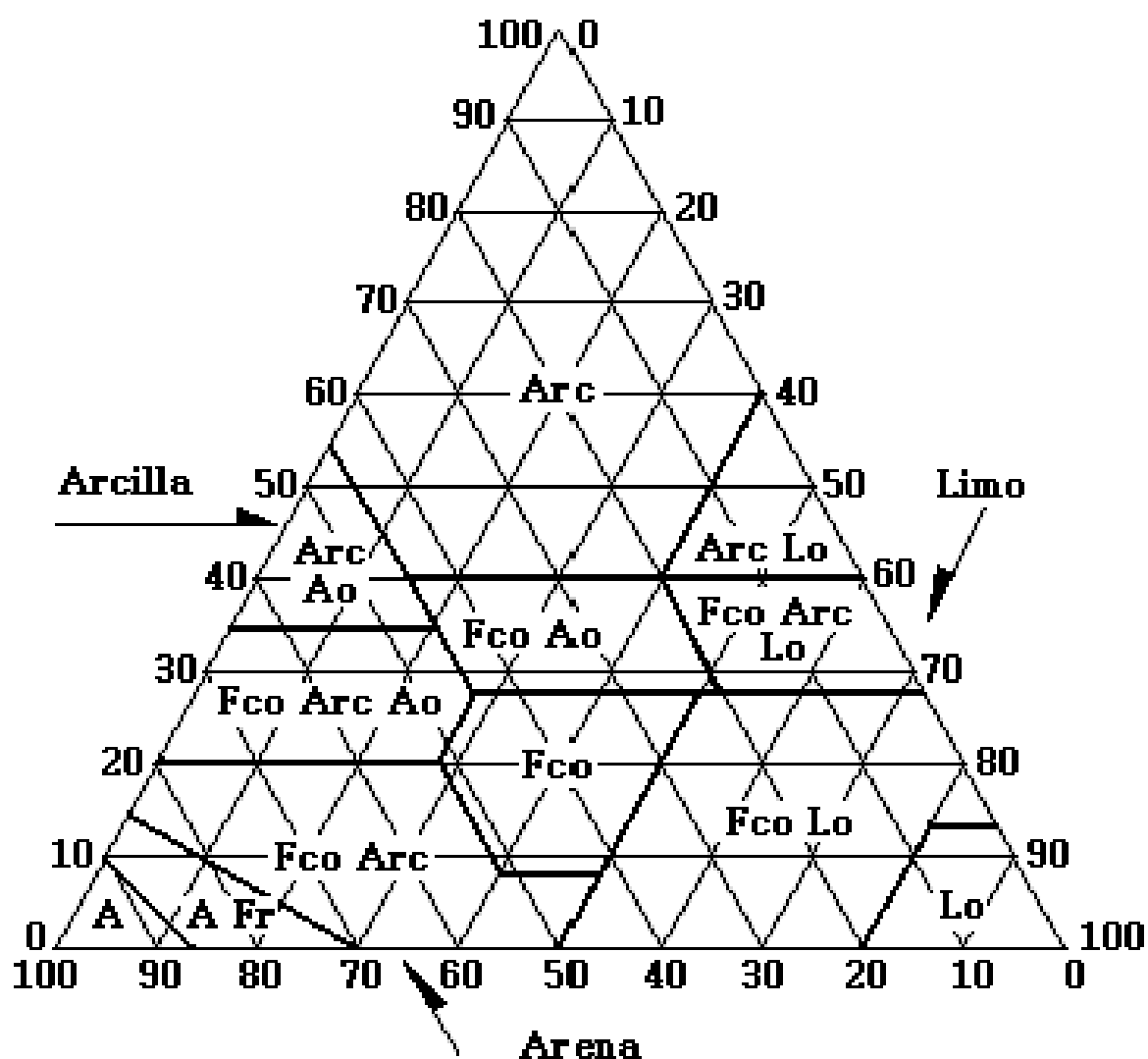
ANEXO 4: Protocolo para la determinación de la textura del suelo por el Método de Bouyucos.

- Pesar 50 gr de una muestra de suelo y poner en un vaso dispersante de Bouyucos.
- agregar 10 ml de exametafosfato de sodio (calgon), luego añadir agua destilada hasta $\frac{2}{3}$ de la capacidad del vaso dispersante.
- con el agitador de Bouyucos agitar el contenido del vaso dispersante por espacio de tiempo entre 3 - 7 minutos, tiempo que depende de la partícula que predomina en el suelo.
- trasvasar el contenido del vaso a una probeta procurando arrastrar todas las partículas con ayuda de la pizeta.
- colocar con cuidado el hidrómetro, dentro de la probeta y enraizar con agua destilada hasta la marca de 1130 ml.
- extraer el hidrómetro y agitar la probeta varias veces, asegurándose de que no quede adherida parte de la muestra en el fondo de la probeta.
- Dejar el reposo la probeta y con un cronometro , controlar 40 segundos, mientras tanto colocar el hidrómetro dentro de la probeta para tomar la primera lectura a los 40 segundos, luego retirar el hidrómetro y tomar la temperatura.
- La probeta de sedimentación quedara en reposo y después de dos horas poner cuidadosamente el hidrómetro y registrar la segunda lectura al igual que la temperatura.
- Con los datos obtenidos realizar los cálculos respectivos a fin de determinar los porcentajes texturales, con los cuales se establecerá la clase textural usando el triángulo de texturas.

ANEXO 5: Fotografías de la determinación de la textura de los suelos estudiados



ANEXO 6: Diagrama triangular de las clases texturales básicas del suelo según el tamaño de las partículas.



ANEXO 7: Protocolo empleado para la determinación de la conductividad eléctrica.

(Lectura de extracto de saturación en Radiómetro y pH

(Método del Potenciómetro)

- Colocar una muestra de suelo en un vaso plástico.
- Se le agrega agua destilada, luego batir pasta con una espátula hasta obtener la consistencia de una pasta.
- Encender el equipo e introducir el electrodo del potenciómetro en la solución.
- Dejar estabilizar la lectura, aproximadamente por 2 minutos.
- realizar las lecturas respectivas.



Potenciómetro

ANEXO 8: Protocolo empleado para la determinación de calcáreo.

Método gaso - volumétrico o del Calcímetro.

- Pesar 1 gramo de muestra de suelo y Colocarlo en un Erlenmeyer.
- Agregar 25 ml. De HCl (0.5N)
- Agitar durante 30 minutos.
- Filtrar las muestras.
- Extraer una alícuota de 10 ml de cada muestra filtrada y colocarlo en un Erlenmeyer, luego se le agregan 5 gotas de rojo de metilo.
- Titular a hidróxido de sodio (NaOH) hasta viraje en color naranja.
- Se anota en gasto.



ANEXO 9: Protocolo empleado en la determinación de Materia Orgánica.

Método de Walkley y Black, Oxidación del carbono.

- Pesar 1 gr de muestra de suelo y colocarlo en un vaso de precipitación.
- adicionar 10 m de Dicromato de Potasio ($K_2Cr_2O_7$) 1N.
- Agregar 1 ml De Ácido sulfúrico H_2SO_4 y dejar enfriar.
- Agregar aproximadamente 100 ml de agua destilada.
- En una fiola de 250 ml agregar el contenido y enrazar con agua destilada a su máxima capacidad.
- Mover el contenido y vaciar nuevamente en el vaso.
- Extraer una alícuota de 10 ml y agregar 5 gotas de Difenilamina sulfórica.
- Titular con sulfato ferroso amoniacal (sal de Mohr) 0.1 N hasta que se torne color verdoso (color kerosene) y anotar gasto.
- Hacer una prueba en blanco, empleando solamente agua destilada.



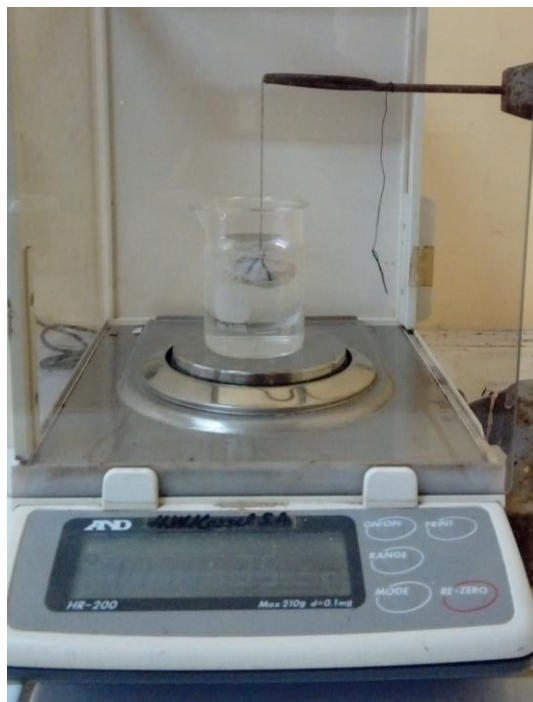
ANEXO 10: Protocolo empleado en la determinación de la densidad aparente

Método del terrón revestido con parafina (Blake, C.R. 1965)

Para este método se trabajó con terrones de regular tamaño y lo más uniformes posibles.

La metodología fue la siguiente:

- Se llevaron los terrones a la estufa a 105°C por 24 horas.
- Luego se dejaron enfriar en un desecador, con la finalidad de que entren en equilibrio con la temperatura ambiental sin adquirir humedad.
- Seguidamente se les amarra un hilo y se pesan.
- Previamente se preparó parafina líquida la cual debió estar entre 50 – 55 °C la cual es la temperatura óptima para sumergir el terrón, ya que a temperaturas diferentes la parafina invade los poros del terrón, alterando los resultados.
- Posteriormente las pesadas siguientes se realizaron en la balanza eléctrica.



Cuadro N° 32: Cálculo de la densidad aparente

1	2	3	4	5(2 - 1)	6	7(5/6)	8(4 -3)	9(12 - 7)	10	11	12(8/11)	13(1/9)	14
Peso de Terron (gr)	P. Terron + Parafina (gr)	Peso de Frasco + Agua (gr)	P. Terron + Parafina + Agua + Frasco	Peso Parafina (gr)	Densidad de Parafina	Volumen de Parafina	P. Agua Desplazada (gr)	Volumen de Suelo Seco	T° Agua °C	Densidad agua a T° °C	Volumen de Agua Desplazada	Da.	Da. Prom.

Cuadro N° 33: Densidad del agua a diferentes temperaturas

Densidad del agua	Temperatura °C
0.99823	20
0.99802	21
0.99780	22
0.99756	23
0.99732	24
0.99707	25
0.99681	26
0.99654	27
0.99626	28
0.99597	29
0.99567	30
0.99537	31
0.99505	32
0.99473	33
0.99440	34
0.99406	35

Roman U. (2012)

ANEXO 11: Resultado del análisis de caracterización de los suelos estudiados

Cuadro N° 34: Análisis físico químico del suelo

Código de muestra	pH	Conduct. Eléctrica (dS/m)	CO ₃ Ca (%)	Mat. Org. (%)	N Total (%)	P Disp. ppm	K Asim. ppm	Análisis Mecánico			C.I.C. meq/100 g.s.	Cationes cambiables (meq/100g)				
								Clase				Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	
								Arena	Limo	Arcilla	Textural					
1	8.10	0.42	6.20	0.40	0.02	8.0	190	22	40	38	Fr. Ac.	18.67	15.60	2.30	0.46	0.31
2	7.85	0.73	0.92	0.48	0.02	9.0	170	41	29	30	Fr. Ac.	12.89	10.20	2.00	0.41	0.28
3	8.04	0.57	0.96	0.46	0.02	8.0	160	30	46	24	Fr.	10.32	8.20	1.40	0.39	0.33
4	8.01	0.78	1.80	0.35	0.02	8.0	170	26	44	30	Fr. Ac.	14.21	11.60	1.90	0.42	0.29
5	8.00	0.50	1.80	0.12	0.01	8.0	150	55	29	16	Fr. Ao.	7.32	6.00	0.70	0.36	0.26
6	7.96	0.61	1.66	0.20	0.01	9.0	160	38	37	25	Fr.	11.74	9.60	1.50	0.40	0.24
7	7.61	0.55	0.83	0.60	0.03	10.0	150	54	28	18	Fr. Ao.	8.32	6.60	1.10	0.35	0.27
8	6.96	0.35	0.00	0.48	0.02	12.0	170	38	32	30	Fr. Ac.	13.76	11.00	2.00	0.41	0.35
9	8.03	0.50	3.40	0.28	0.01	8.0	160	35	37	28	Fr. Ac.	13.69	11.40	1.50	0.39	0.40
10	8.10	2.01	9.78	0.18	0.01	8.0	160	35	40	25	Fr.	12.36	10.50	1.10	0.40	0.36
11	7.84	0.44	0.91	0.21	0.01	9.0	190	28	39	33	Fr. Ac.	16.15	12.90	2.50	0.46	0.29
12	8.03	0.69	2.20	0.18	0.01	8.0	180	40	27	33	Fr. Ac.	16.26	13.30	2.20	0.44	0.32
13	8.06	0.66	5.30	0.12	0.01	8.0	190	25	40	35	Fr.Ac.	17.28	14.60	1.90	0.47	0.31
14	7.88	0.58	0.94	0.36	0.01	9.0	170	36	34	30	Fr.Ac.	14.21	11.50	2.00	0.41	0.30
15	8.13	0.37	14.50	0.24	0.02	8.0	110	55	37	8	Fr.Ao.	4.36	3.60	0.30	0.26	0.20
16	7.55	0.49	0.64	0.18	0.01	11.0	170	25	45	30	Fr.Ac.	14.26	11.40	2.20	0.41	0.25
17	7.93	0.57	1.44	0.15	0.01	9.0	140	28	49	23	Fr.	11.64	9.50	1.60	0.34	0.20
18	7.75	0.77	0.66	0.24	0.01	10.0	160	42	28	30	Fr.Ac.	14.76	11.80	2.30	0.39	0.27
19	8.00	0.66	2.25	0.50	0.02	9.0	170	30	39	31	Fr.Ac.	14.94	12.20	2.00	0.42	0.32
20	7.85	0.56	0.96	0.24	0.01	11.0	170	26	45	29	Fr.Ac.	13.76	11.00	2.10	0.41	0.25
21	8.00	0.70	2.30	0.28	0.01	9.0	150	25	52	23	Fr.L.	10.44	8.50	1.40	0.36	0.18
22	7.75	0.46	0.88	0.20	0.01	12.0	180	25	43	32	Fr.Ac.	15.21	12.10	2.30	0.45	0.36

.....Continúa Cuadro N° 34

Código de muestra	pH	Conduct. Eléctrica (dS/m)	CO ₃ Ca (%)	Mat. Org. (%)	N Total (%)	P Disp. ppm	K Asim. ppm	Análisis Mecánico				C.I.C. meq/100 g.s.	Cationes cambiab le s (meq/100g)			
								(%)			Clase Textural		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺
								Arena	Limo	Arcilla						
23	8.10	0.70	7.99	0.16	0.01	8.0	180	38	30	32	Fr.Ac.	16.56	14.00	1.70	0.44	0.42
24	8.06	0.60	4.20	0.24	0.01	8.0	190	25	44	31	Fr.Ac.	16.40	13.90	1.60	0.46	0.44
25	8.00	0.98	2.56	0.15	0.01	8.0	180	40	31	29	Fr.Ac.	15.76	13.40	1.50	0.45	0.41
26	7.88	0.42	0.83	0.45	0.01	8.0	130	60	28	12	Fr.Ao.	6.16	4.90	0.80	0.33	0.13
27	8.15	0.65	8.20	0.18	0.01	7.0	180	19	50	31	Fr.Ac.L.	15.44	13.10	1.50	0.45	0.39
28	8.03	0.77	3.90	0.24	0.01	8.0	190	35	34	31	Fr.Ac.	15.26	13.00	1.40	0.46	0.40
29	8.11	0.47	15.50	0.70	0.03	7.0	140	47	38	15	Fr.	7.32	6.00	0.80	0.33	0.19
30	8.09	0.52	7.10	0.36	0.02	8.0	140	47	37	16	Fr.	7.54	6.10	0.90	0.34	0.20
31	7.97	0.66	1.60	0.38	0.02	10.0	120	59	30	11	Fr.Ao.	5.83	4.60	0.80	0.28	0.15
32	7.64	0.66	0.77	0.41	0.02	12.0	200	32	32	36	Fr.Ac.	21.12	16.80	3.40	0.50	0.42
33	8.05	0.72	6.28	0.15	0.01	8.0	210	23	40	37	Fr.Ac.	20.16	16.70	2.70	0.52	0.24
34	8.13	0.37	8.80	0.25	0.01	7.0	130	68	20	12	Fr.Ao.	5.87	4.90	0.50	0.31	0.16
35	8.04	0.50	4.20	0.61	0.03	7.0	150	43	35	22	Fr.	11.44	9.40	1.40	0.37	0.27
36	8.16	2.23	8.10	0.23	0.01	7.0	130	74	15	11	Fr.Ao.	6.13	5.20	0.50	0.32	0.11
37	7.78	0.34	0.88	0.24	0.01	9.0	220	22	36	42	Ac.	21.39	17.10	3.40	0.55	0.34
38	7.80	0.36	1.30	0.18	0.01	9.0	140	54	30	16	Fr.Ao.	9.74	7.80	1.40	0.33	0.21
39	7.96	0.31	1.44	0.18	0.01	8.0	130	58	28	14	Fr.Ao.	7.89	6.30	1.10	0.32	0.17
40	8.02	0.35	2.48	0.16	0.01	7.0	120	62	26	12	Fr.Ao.	6.94	5.50	1.00	0.28	0.16
41	8.00	0.55	2.06	0.47	0.02	8.0	150	42	40	18	Fr.	9.89	7.90	1.50	0.36	0.13
42	7.55	0.21	0.66	0.20	0.01	11.0	170	36	38	26	Fr.Ac.	15.29	12.27	2.20	0.41	0.41
43	7.80	0.48	1.99	0.47	0.02	10.0	150	55	28	17	Fr.Ao.	10.32	8.30	1.30	0.36	0.36
44	8.02	0.73	2.80	0.18	0.01	9.0	210	25	39	36	Fr.Ac.	20.36	16.30	3.30	0.52	0.24

.....Continua Cuadro N° 34

Código de muestra	pH	Conduct. Eléctrica (dS/m)	CO ₃ Ca (%)	Mat. Org. (%)	N Total (%)	P Disp. ppm	K Asim. ppm	Análisis Mecánico				C.I.C. meq/100 g.s.	Cationes cambiables (meq/100g)			
								(%)			Clase Textural		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺
								Arena	Limo	Arcilla						
45	8.10	0.92	9.80	0.14	0.01	8.0	220	37	27	36	Fr.Ac.	19.43	15.50	3.10	0.55	0.28
46	7.95	0.60	1.10	0.23	0.01	8.0	160	58	27	15	Fr.Ao.	8.72	7.30	0.80	0.40	0.22
47	7.75	0.68	0.88	0.66	0.03	10.0	190	36	29	35	Fr.Ac.	19.26	15.30	3.25	0.46	0.25
48	7.70	0.58	0.85	0.60	0.03	10.0	200	34	33	33	Fr.Ac.	18.16	14.60	2.70	0.50	0.36
49	8.04	0.62	3.90	0.31	0.02	9.0	190	25	46	29	Fr.Ac.	15.96	13.00	2.20	0.47	0.29
50	8.02	0.42	2.48	0.22	0.01	8.0	100	47	44	9	Fr.	11.86	9.50	1.80	0.34	0.22
51	7.88	0.37	0.94	1.30	0.07	10.0	120	58	28	14	Fr.Ao.	8.12	6.50	1.20	0.28	0.14
52	8.03	0.54	2.88	0.30	0.02	8.0	190	31	32	37	Fr.Ac.	19.77	16.20	2.70	0.46	0.41
53	7.88	0.52	0.91	0.23	0.01	9.0	160	38	37	25	Fr.	14.12	11.30	2.10	0.40	0.32
54	8.05	0.55	4.86	0.16	0.01	9.0	200	28	37	35	Fr.Ac.	18.64	15.60	2.20	0.49	0.35
55	7.45	0.68	0.53	0.23	0.01	12.0	130	75	11	14	Fr.Ao.	8.32	6.80	1.10	0.31	0.11
56	7.62	0.46	0.72	0.46	0.02	12.0	130	63	22	15	Fr.Ao.	8.76	7.00	1.30	0.32	0.14
57	7.80	0.51	0.97	0.47	0.02	11.0	120	57	28	15	Fr.Ao.	8.94	7.20	1.20	0.27	0.27
58	7.91	0.55	1.28	0.18	0.01	10.0	150	40	37	23	Fr.	12.13	9.70	1.90	0.36	0.17
59	7.95	0.61	1.52	0.30	0.02	9.0	200	38	30	32	Fr.Ac.	17.12	13.70	2.50	0.50	0.42
60	8.05	16.60	4.10	0.23	0.01	9.0	170	40	32	28	Fr.Ac.	15.67	13.20	1.60	0.42	0.45
61	8.00	0.40	2.36	0.20	0.01	9.0	160	42	35	23	Fr.	13.12	10.50	1.90	0.40	0.32
62	8.13	1.44	9.10	0.13	0.01	8.0	140	43	42	15	Fr.	8.74	7.30	0.90	0.34	0.20
63	8.05	0.61	6.10	0.18	0.01	8.0	150	37	43	20	Fr.	11.54	9.70	1.20	0.36	0.28
64	7.95	2.06	1.10	0.13	0.01	9.0	140	53	33	14	Fr.	6.83	5.50	0.80	0.33	0.20
65	7.58	0.48	0.66	0.35	0.02	13.0	170	42	33	25	Fr.	14.74	11.90	2.00	0.44	0.40
66	8.10	0.66	9.80	0.10	0.01	10.0	180	28	40	32	Fr.Ac.	17.23	14.50	1.80	0.46	0.47

.....Continúa Cuadro N° 34

Código de muestra	pH	Conduct. Eléctrica (dS/m)	CO ₃ Ca (%)	Mat. Org. (%)	N Total (%)	P Disp. ppm	K Asim. ppm	Análisis Mecánico				C.I.C. meq/100 g.s.	Cationes cambiabiles (meq/100g)			
								(%)			Clase Textural		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺
								Arena	Limo	Arcilla						
67	7.91	0.54	1.33	0.38	0.02	10.0	190	26	41	33	Fr.Ac.	17.65	14.30	2.50	0.45	0.40
68	8.00	0.51	2.10	0.28	0.01	9.0	170	25	45	30	Fr.Ac.	16.42	13.30	2.30	0.42	0.40
69	6.80	0.78	0.00	0.12	0.01	13.0	170	33	38	29	Fr.	15.76	12.70	2.30	0.43	0.33
70	7.65	1.36	0.73	0.38	0.02	12.0	180	23	48	29	Fr.Ac.	16.97	13.20	3.00	0.44	0.33
71	7.60	0.94	0.72	0.13	0.01	12.0	160	45	32	23	Fr.	12.86	10.50	1.70	0.40	0.26
72	8.07	0.43	4.87	0.47	0.02	8.0	150	57	28	15	Fr.Ao.	9.32	7.90	0.90	0.37	0.15
73	8.13	0.48	7.77	0.86	0.04	8.0	130	32	54	14	Fr.L.	9.05	7.70	0.90	0.32	0.13
74	8.12	0.43	10.38	0.15	0.01	8.0	160	43	36	21	Fr.	12.36	10.50	1.30	0.39	0.17
75	8.10	0.43	11.44	0.18	0.01	8.0	180	30	45	25	Fr.	13.42	11.40	1.40	0.45	0.17
76	8.20	2.10	10.20	0.12	0.01	7.0	170	33	38	29	Fr.Ac.	15.67	13.30	1.80	0.42	0.15
77	7.54	0.50	0.66	0.44	0.02	12.0	170	71	4	25	Fr.Ac.Ao.	13.84	11.30	1.90	0.41	0.23
78	7.65	0.51	0.78	0.31	0.01	12.0	160	25	52	23	Fr.L.	12.66	10.30	1.70	0.39	0.27
79	7.75	0.41	0.88	0.13	0.01	11.0	140	47	37	16	Fr.	9.33	7.60	1.30	0.33	0.10
80	7.98	0.33	1.15	0.30	0.02	11.0	120	65	24	11	Fr.Ao.	6.83	5.60	0.80	0.28	0.15
81	8.03	0.36	3.50	0.40	0.02	10.0	170	35	42	23	Fr.	13.36	10.90	1.80	0.42	0.24
82	7.75	1.32	0.88	0.40	0.02	13.0	190	28	39	33	Fr.Ac.	17.66	14.40	2.40	0.47	0.39
83	8.08	1.27	4.66	0.18	0.01	9.0	180	26	42	32	Fr.Ac.	17.21	14.60	1.80	0.45	0.36
84	8.08	0.75	7.68	0.30	0.02	9.0	180	25	45	30	Fr.Ac.	16.46	13.60	2.00	0.45	0.41
85	7.90	0.32	1.32	0.15	0.01	10.0	190	30	39	31	Fr.Ac.	17.12	13.70	2.50	0.47	0.45
86	8.12	1.18	15.00	0.25	0.01	8.0	210	24	39	37	Fr.Ac.	19.78	16.80	2.00	0.52	0.46
87	7.84	0.68	0.98	0.35	0.02	10.0	190	26	45	29	Fr.Ac.	16.12	12.90	2.30	0.46	0.46
88	8.00	0.50	2.88	0.18	0.01	3.0	140	58	27	15	Fr.Ao.	9.33	7.40	1.30	0.34	0.29

.....Continua Cuadro N° 34

Código de muestra	pH	Conduct. Eléctrica (dS/m)	CO ₃ Ca (%)	Mat. Org. (%)	N Total (%)	P Disp. ppm	K Asim. ppm	Análisis Mecánico			C.I.C. meq/100 g.s.	Cationes cambiables (meq/100g)				
								(%)				Clase Textural	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺
								Arena	Limo	Arcilla						
89	8.11	0.63	7.80	0.14	0.01	8.0	180	42	29	29	Fr.Ac.	16.46	13.60	2.00	0.44	0.42
90	7.80	0.79	0.96	0.30	0.02	10.0	190	31	42	27	Fr.Ac.	15.26	12.20	2.20	0.47	0.39
91	8.04	2.87	3.66	0.13	0.01	8.0	180	28	40	32	Fr.Ac.	16.56	13.70	2.00	0.44	0.42
92	8.00	0.53	2.15	0.26	0.01	8.0	160	46	33	21	Fr.	11.69	9.40	1.60	0.40	0.29
93	7.15	0.15	0.22	0.19	0.01	13.0	170	54	20	26	Fr.Ao.	14.32	11.50	2.10	0.41	0.31
94	8.10	0.66	7.40	0.12	0.01	9.0	170	40	36	24	Fr.	13.56	11.30	1.50	0.42	0.34
95	8.03	0.50	3.88	0.20	0.01	10.0	180	27	42	31	Fr.Ac.	16.67	13.70	2.10	0.45	0.42
96	8.05	0.66	3.88	0.16	0.01	10.0	190	30	36	34	Fr.Ac.	18.53	15.20	2.40	0.47	0.46
97	8.00	0.57	2.78	0.18	0.01	9.0	160	42	33	25	Fr.	13.89	11.10	2.10	0.39	0.30
98	8.02	0.48	2.50	0.48	0.02	9.0	180	26	42	32	Fr.Ac.	16.64	13.30	2.50	0.44	0.40
99	8.08	0.58	7.05	0.39	0.02	9.0	190	28	44	28	Fr.Ac	15.12	12.90	1.40	0.46	0.36
100	7.40	0.38	0.54	0.43	0.02	13.0	150	56	26	18	Fr.Ao.	10.43	8.30	1.50	0.37	0.26
101	8.03	0.60	3.86	0.75	0.04	8.0	200	20	45	35	Fr.Ac.	19.76	16.20	2.60	0.50	0.46
102	8.10	0.78	6.80	0.24	0.01	8.0	200	28	36	36	Fr.Ac.	19.12	16.30	1.90	0.49	0.43
103	8.08	1.05	5.20	0.16	0.01	8.0	190	28	38	34	Fr.Ac	18.67	15.90	2.10	0.46	0.21
104	7.50	0.38	0.66	0.48	0.02	14.0	160	48	27	25	Fr.Ac.Ao.	13.42	10.70	2.10	0.39	0.23
105	8.03	2.03	2.86	0.20	0.01	9.0	180	39	32	29	Fr.Ac.	16.40	13.10	2.50	0.44	0.36
106	7.75	0.99	0.88	0.50	0.02	13.0	180	28	40	32	Fr.Ac.	17.27	13.80	2.60	0.45	0.42
107	8.11	0.76	7.40	0.32	0.01	8.0	150	36	46	18	Fr.	10.39	8.80	0.90	0.36	0.33
108	7.90	0.73	1.56	0.15	0.01	9.0	190	38	31	31	Fr.Ac.	16.74	13.40	2.50	0.47	0.37
109	7.37	0.51	0.42	0.25	0.01	14.0	180	25	42	33	Fr.Ac.	17.68	14.00	2.80	0.45	0.43
110	7.88	0.90	0.92	0.48	0.02	11.0	170	22	53	25	Fr.L.	13.44	10.70	2.00	0.42	0.32

.....Continúa Cuadro N° 34

Código de muestra	pH	Conduct. Eléctrica (dS/m)	CO ₃ Ca (%)	Mat. Org. (%)	N Total (%)	P Disp. ppm	K Asim. ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	C.I.C. meq/100 g.s.	Cationes cambiables (meq/100g)			
								(%)					Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺
								Arena	Limo	Arcilla						
111	7.91	0.70	1.10	0.40	0.02	10.0	150	51	25	24	Fr.Ac.Ao.	13.72	11.00	2.00	0.37	0.35
112	7.90	0.74	1.25	0.24	0.01	10.0	140	49	28	23	Fr.	13.12	10.60	1.80	0.34	0.38
113	7.83	0.60	0.92	0.51	0.03	10.0	190	29	40	31	Fr.Ac.	16.46	13.20	2.40	0.46	0.40
114	7.97	0.66	1.20	0.42	0.02	9.0	210	35	28	37	Fr.Ac.	19.44	15.60	2.90	0.52	0.42
115	7.92	0.52	1.08	0.38	0.02	9.0	150	41	37	22	Fr.	12.12	9.70	1.70	0.37	0.35
116	7.67	0.44	0.76	0.38	0.02	12.0	140	47	34	19	Fr.	10.44	8.40	1.40	0.33	0.31
117	7.60	0.46	0.74	0.55	0.03	12.0	180	38	32	30	Fr.Ac.	16.53	13.10	2.60	0.44	0.39
118	7.99	0.61	1.40	0.30	0.02	9.0	180	26	42	32	Fr.Ac.	17.21	13.80	2.50	0.44	0.47
119	8.02	0.53	3.06	0.20	0.01	9.0	170	30	46	24	Fr.	13.89	11.50	1.50	0.41	0.48
120	7.88	0.54	0.88	0.28	0.01	12.0	170	39	31	30	Fr.Ac.	16.41	13.10	2.50	0.42	0.39
121	8.00	0.44	1.88	0.39	0.02	10.0	150	45	35	20	Fr.	11.39	9.10	1.60	0.36	0.33
122	7.92	0.79	1.36	0.18	0.01	10.0	190	30	38	32	Fr.Ac.	18.16	14.50	2.70	0.47	0.49
123	8.01	0.48	2.52	0.24	0.01	9.0	170	26	48	26	Fr.	15.25	12.20	2.30	0.42	0.33
124	8.11	0.46	8.56	0.14	0.01	8.0	160	31	42	27	Fr.Ac.	15.66	13.20	1.70	0.40	0.36
125	8.05	0.87	3.60	0.26	0.01	9.0	200	22	40	38	Fr.Ac.	20.16	16.50	2.70	0.50	0.46
126	8.11	2.65	9.40	0.37	0.02	9.0	110	38	47	15	Fr.	9.67	8.10	1.10	0.27	0.20
127	7.95	0.55	1.36	0.18	0.01	10.0	180	27	42	31	Fr.Ac.	17.26	13.80	2.70	0.45	0.31
128	7.88	0.46	0.94	0.40	0.02	11.0	170	28	48	24	Fr.	13.75	11.00	1.90	0.41	0.44
129	8.03	0.80	4.06	0.20	0.01	9.0	190	30	38	32	Fr.Ac.	17.69	14.50	2.30	0.46	0.43
130	7.33	0.67	0.40	0.15	0.01	9.0	200	33	32	35	Fr.Ac.	19.66	15.70	3.00	0.49	0.47
131	8.08	0.71	4.89	0.15	0.01	9.0	180	35	40	25	Fr.	14.37	11.70	1.90	0.44	0.33
132	7.99	0.22	1.38	0.75	0.04	10.0	190	38	30	32	Fr.Ac.	17.26	13.80	2.60	0.46	0.40

.....Continúa Cuadro N° 34

Código de muestra	pH	Conduct. Eléctrica (dS/m)	CO ₃ Ca (%)	Mat. Org. (%)	N Total (%)	P Disp. ppm	K Asim. ppm	Análisis Mecánico				C.I.C. meq/100 g.s.	Cationes cambiabiles (meq/100g)			
								(%)			Clase Textural		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺
								Arena	Limo	Arcilla						
133	8.10	0.25	8.80	0.14	0.01	10.0	100	38	30	32	Ao.Fr.	5.67	4.70	0.60	0.24	0.13
134	8.05	0.48	4.16	0.18	0.01	9.0	170	38	42	20	Fr.	11.32	9.40	1.20	0.42	0.30
135	8.02	0.30	3.05	0.26	0.01	9.0	180	34	42	24	Fr.	12.16	10.00	1.40	0.44	0.32
136	8.13	0.73	13.00	0.48	0.02	8.0	190	24	44	32	Fr.Ac.	20.46	17.40	2.10	0.47	0.49
137	7.20	0.53	0.31	0.52	0.03	13.0	180	36	36	28	Fr.Ac.	15.69	12.50	2.40	0.45	0.34
138	8.00	0.33	2.06	0.28	0.01	9.0	140	55	34	11	Fr.Ao.	6.36	5.10	0.80	0.33	0.13
139	8.03	0.44	3.50	0.18	0.01	8.0	170	29	48	23	Fr.	13.15	10.90	1.50	0.41	0.34
140	8.12	0.36	8.89	0.36	0.02	8.0	160	31	50	19	Fr.L.	11.13	9.40	1.00	0.40	0.33
141	8.03	0.57	3.00	0.20	0.01	9.0	190	15	54	31	Fr.Ac.L.	19.15	15.90	2.30	0.47	0.48
142	8.02	0.51	2.20	0.14	0.01	9.0	150	35	50	15	Fr.L.	8.76	7.00	1.20	0.36	0.20
143	7.04	0.51	0.15	0.48	0.02	13.0	150	58	29	13	Fr.Ao.	8.10	6.40	1.10	0.37	0.23
144	7.92	0.66	1.66	0.30	0.02	10.0	210	36	21	43	Fr.	23.68	18.90	3.80	0.52	0.46
145	8.25	1.30	15.00	0.12	0.01	13.0	160	77	13	10	Fr.Ao.	6.36	5.40	0.40	0.39	0.17
146	8.20	1.18	14.00	0.12	0.01	12.0	110	80	13	7	Ao.Fr.	4.12	3.20	0.50	0.26	0.16
147	7.95	0.43	1.44	0.18	0.01	11.0	170	57	26	17	Fr.Ao.	9.36	7.40	1.30	0.42	0.24
148	8.11	0.25	10.10	0.13	0.01	8.0	160	75	14	11	Fr.Ao.	6.58	5.20	0.80	0.39	0.19

ANEXO 12: Determinación de la densidad aparente del suelo

CUADRO N° 35: Densidad aparente promedio de los suelos estudiados

			1	2	3	4	5(2 - 1)	6	7(5/6)	8(4 -3)	9(12 - 7)	10	11	12(8/11)	13(1/9)	14
Textura	Codigo de Muestra	Repeti- ciones	Peso de Terron (gr)	P. Terron + Parafina (gr)	Peso de Frasco + Agua (gr)	P. Terron + Parafina + Agua + Frasco	Peso Parafina (gr)	Densidad de Parafina	Volumen de Parafina	P. Agua Desplazada (gr)	Volumen de Suelo Seco	T° Agua °C	Densidad agua a T° °C	Volumen de Agua Desplazada	Da	Da Prom.
Fr.Arc. Lo.	27	1	2.7733	3.5133	129.3190	132.3170	0.7400	0.85	0.8706	2.9980	2.1347	23	0.99756	3.0053	1.30	1.29
		2	3.4882	4.6137	129.3001	133.3120	1.1255	0.85	1.3241	4.0119	2.6976	23	0.99756	4.0217	1.29	
		3	4.3958	5.7549	129.2710	134.2338	1.3591	0.85	1.5989	4.9628	3.3760	23	0.99756	4.9749	1.30	
	141	1	3.9212	4.6099	129.4422	133.3285	0.6887	0.85	0.8102	3.8863	3.0856	23	0.99756	3.8958	1.27	
		2	5.2453	6.1257	129.4340	134.5577	0.8804	0.85	1.0358	5.1237	4.1005	23	0.99756	5.1362	1.28	
		3	5.5199	7.4755	129.3985	136.0123	1.9556	0.85	2.3007	6.6138	4.3293	23	0.99756	6.6300	1.28	
Fr.Arc.	102	1	6.9338	8.5584	129.6318	136.6225	1.6246	0.85	1.9113	6.9907	5.0965	23	0.99756	7.0078	1.36	1.35
		2	7.9248	10.4675	129.6246	138.3504	2.5427	0.85	2.9914	8.7258	5.7557	23	0.99756	8.7471	1.38	
		3	9.7096	11.6859	129.7041	139.1039	1.9763	0.85	2.3251	9.3998	7.0977	23	0.99756	9.4228	1.37	
	49	1	10.8694	14.5648	129.5940	142.0444	3.6954	0.85	4.3475	12.4504	8.1333	23	0.99756	12.4809	1.34	
		2	11.6486	13.8264	129.5830	140.8922	2.1778	0.85	2.5621	11.3092	8.7747	23	0.99756	11.3369	1.33	
		3	13.0771	15.4655	129.5616	142.1340	2.3884	0.85	2.8099	12.5724	9.7933	23	0.99756	12.6032	1.34	
	86	1	5.5456	6.5698	129.5245	134.8205	1.0242	0.85	1.2049	5.2960	4.1040	23	0.99756	5.3090	1.35	
		2	8.2620	9.3705	129.4965	136.8837	1.1085	0.85	1.3041	7.3872	6.1012	23	0.99756	7.4053	1.35	
		3	7.6553	8.9096	129.4593	136.5837	1.2543	0.85	1.4756	7.1244	5.6662	23	0.99756	7.1418	1.35	

.....Continua Cuadro N° 35

			1	2	3	4	5(2 - 1)	6	7(5/6)	8(4 -3)	9(12 - 7)	10	11	12(8/11)	13(1/9)	14
Textura	Codigo de Muestra	Repeti- ciones	Peso de Terron (gr)	P. Terron + Parafina (gr)	Peso de Frasco + Agua (gr)	P. Terron + Parafina + Agua + Frasco	Peso Parafina (gr)	Densidad de Parafina	Volumen de Parafina	P. Agua Despla- zada (gr)	Volumen de Suelo Seco	T° Agua °C	Densidad agua a T° °C	Volumen de Agua Desplazada	Da	Da Prom.
Fr.	63	1	7.7516	9.2658	129.3896	136.5906	1.5142	0.85	1.7814	7.2010	5.4372	23	0.99756	7.2186	1.43	1.37
		2	9.4152	11.1284	129.3603	137.9596	1.7132	0.85	2.0155	8.5993	6.6048	23	0.99756	8.6203	1.43	
		3	6.8184	8.5115	129.3486	136.1575	1.6931	0.85	1.9919	6.8089	4.8337	23	0.99756	6.8256	1.41	
	94	1	9.4441	11.3071	129.2617	138.5142	1.8630	0.85	2.1918	9.2525	7.0834	23	0.99756	9.2751	1.33	
		2	8.4717	10.3335	129.2257	137.7065	1.8618	0.85	2.1904	8.4808	6.3112	23	0.99756	8.5015	1.34	
		3	10.3179	12.5958	129.2070	139.6372	2.2779	0.85	2.6799	10.4302	7.7758	23	0.99756	10.4557	1.33	
	50	1	6.7630	8.3614	129.1907	135.9938	1.5984	0.85	1.8805	6.8031	4.9393	23	0.99756	6.8197	1.37	
		2	9.9040	12.7542	129.1844	139.8080	2.8502	0.85	3.3532	10.6236	7.2964	23	0.99756	10.6496	1.36	
		3	9.7136	12.8499	129.1714	139.9660	3.1363	0.85	3.6898	10.7946	7.1312	23	0.99756	10.8210	1.36	
Fr.Ao.	100	1	2.6960	3.1886	129.8410	132.1994	0.4926	0.90	0.5473	2.3584	1.8168	23	0.99756	2.3642	1.48	1.48
		2	3.5972	4.2024	129.8371	132.9478	0.6052	0.90	0.6724	3.1107	2.4459	23	0.99756	3.1183	1.47	
		3	3.4332	4.0974	129.8124	132.8625	0.6642	0.90	0.7380	3.0501	2.3196	23	0.99756	3.0576	1.48	
	93	1	2.8896	3.4272	129.5536	132.2419	0.5376	0.90	0.5973	2.6883	2.0975	23	0.99756	2.6949	1.38	
		2	3.2160	3.7448	129.5416	132.4580	0.5288	0.90	0.5876	2.9164	2.3360	23	0.99756	2.9235	1.38	
		3	4.6414	5.3501	129.5265	133.6456	0.7087	0.90	0.7874	4.1191	3.3417	23	0.99756	4.1292	1.39	
	34	1	4.2678	4.9051	129.7269	133.1534	0.6373	0.90	0.7081	3.4265	2.7268	23	0.99756	3.4349	1.57	
		2	5.0664	5.6766	129.7149	133.5870	0.6102	0.90	0.6780	3.8721	3.2036	23	0.99756	3.8816	1.58	
		3	5.3135	6.3265	129.6860	134.2116	1.0130	0.90	1.1256	4.5256	3.4111	23	0.99756	4.5367	1.56	

.....Continua Cuadro N° 35

			1	2	3	4	5(2 - 1)	6	7(5/6)	8(4 -3)	9(12 - 7)	10	11	12(8/11)	13(1/9)	14
Textura	Codigo de Muestra	Repeti- ciones	Peso de Terron (gr)	P. Terron + Parafina (gr)	Peso de Frasco + Agua (gr)	P. Terron + Parafina + Agua + Frasco	Peso Parafina (gr)	Densidad de Parafina	Volumen de Parafina	P. Agua Despla- zada (gr)	Volumen de Suelo Seco	T° Agua °C	Densidad agua a T° °C	Volumen de Agua Desplazada	Da. Prom.	Da. Prom.
Fr.Lo.	73	1	5.6077	6.3869	129.7935	134.7305	0.7792	0.90	0.8658	4.9370	4.0833	23	0.99756	4.9491	1.37	1.39
		2	4.3351	5.1334	129.7652	133.7752	0.7983	0.90	0.8870	4.0100	3.1328	23	0.99756	4.0198	1.38	
		3	6.6136	7.7977	129.7556	135.8460	1.1841	0.90	1.3157	6.0904	4.7896	23	0.99756	6.1053	1.38	
	78	1	2.1248	2.5791	129.4950	131.4936	0.4543	0.90	0.5048	1.9986	1.4987	23	0.99756	2.0035	1.42	
		2	1.8993	2.4247	129.4873	131.4025	0.5254	0.90	0.5838	1.9152	1.3361	23	0.99756	1.9199	1.42	
		3	2.8069	3.2923	129.4749	131.9860	0.4854	0.90	0.5393	2.5111	1.9779	23	0.99756	2.5172	1.42	
	140	1	2.0130	2.4961	129.4618	131.4504	0.4831	0.90	0.5368	1.9886	1.4567	23	0.99756	1.9935	1.38	
		2	2.2905	2.8461	129.4573	131.7394	0.5556	0.90	0.6173	2.2821	1.6703	23	0.99756	2.2877	1.37	
		3	2.4236	2.9458	129.4481	131.7944	0.5222	0.90	0.5802	2.3463	1.7718	23	0.99756	2.3520	1.37	
Arc.	37	1	2.6592	2.9192	128.6940	131.0020	0.2600	0.90	0.2889	2.3080	2.0242	22	0.99780	2.3131	1.31	1.30
		2	2.4265	2.9944	128.6820	131.1725	0.5679	0.90	0.6310	2.4905	1.8650	22	0.99780	2.4960	1.30	
		3	2.5264	3.1329	128.6770	131.2930	0.6065	0.90	0.6739	2.6160	1.9479	22	0.99780	2.6218	1.30	
Fr.Arc.Ao.	104	1	6.5134	8.1743	128.4626	134.7563	1.6609	0.90	1.8454	6.2937	4.4621	22	0.99780	6.3076	1.46	1.43
		2	6.6030	8.2135	128.4149	134.7214	1.6105	0.90	1.7894	6.3065	4.5310	22	0.99780	6.3204	1.46	
		3	4.6959	5.8685	128.4011	132.8685	1.1726	0.90	1.3029	4.4674	3.1744	22	0.99780	4.4772	1.48	
	77	1	3.0919	3.6623	128.4980	131.3559	0.5704	0.90	0.6338	2.8579	2.2304	22	0.99780	2.8642	1.39	
		2	3.3082	3.8552	128.4762	131.4525	0.5470	0.90	0.6078	2.9763	2.3751	22	0.99780	2.9829	1.39	
		3	3.6070	4.5492	128.5211	132.1547	0.9422	0.90	1.0469	3.6336	2.5947	22	0.99780	3.6416	1.39	

ANEXO 13: Escalas para interpretación de datos de suelos

CUADRO N° 36: Textura. (1)

TEXTURA (1)		
TÉRMINOS GENERALES		CLASE TEXTURAL
SUELOS	TEXTURA	
Arenosos	GRUESA	Arena (gruesa, media, fina y muy fina)
		Arena franca (gruesa, media, fina y muy fina)
Francos	MODERADAMENTE GRUESA	Franco arenosa gruesa
		Franco arenosa
		Franco arenosa fina
	MEDIA	Franco arenosa muy fina
		Franca
		Franca limosa
		Limo
		Franco arcillosa
	MODERADAMENTE FINA	Franco arcillo arenosa
		Franco arcillo limosa
Arcillosos	FINA	Arcillo arenosa
		Arcillo limosa
		Arcilla

CUADRO N° 37: Porcentaje de saturación de bases (2)

PORCENTAJE DE SATURACIÓN DE BASES (2)		
NIVEL	SUMA DE CATIONES	ACETATO DE AMONIO
Bajo	Menor de 35	Menor de 50
Alto	Mayor de 35	Mayor de 50

CUADRO N° 38: Profundidad efectiva (1)

PROFUNDIDAD EFECTIVA (1)	
TERMINO DESCRIPTIVO	RANGO (cm)
Muy superficial	< de 25
Superficial	25 - 50
Moderadamente Profundo	50 - 100
profundo	100 - 150
Muy profundo	> de 150

CUADRO N° 39: Pendiente (1)

PENDIENTE (1)			
TERMINO DESCRIPTIVO	RANG O (%)	SÍMBOLO	
		DETALLAD O	RECONO CIMIENT O
Plana a casi a nivel	0 - 2	A	A
Ligeramente inclinada	2 - 4	B	
Moderadamente inclinada	4 - 8	C	B
Fuertemente inclinada	8 - 15	D	
Moderadamente empinada	15 - 25	E	C
Empinada	25 - 50	F	D
Muy Empinada	50 - 75	G	E
Extremadamente empinada	+ 75	H	F

CUADRO N° 40: Reacción del suelo (1)

REACCION DEL SUELO (1)	
TERMINO DESCRIPTIVO	RANGO (pH)
Extremadamente ácida	< de 4.5
Muy fuertemente ácida	4.5 - 5.0
Fuertemente ácida	5.1 - 5.5
Moderadamente ácida	5.6 - 6.0
Ligeramente ácida	6.1 - 6.5
Neutra	6.6 - 7.3
Ligeramente alcalina	7.4 - 7.8
Moderadamente alcalina	7.9 - 8.4
Fuertemente alcalina	8.5 - 9.0
Muy fuertemente alcalina	> 9.0

CUADRO N°41: Materia orgánica (2)

MATERIA ORGÁNICA (2)	
NIVEL	%
Bajo	< de 2
Medio	2 - 4
Alto	> de 4

CUADRO N°42: Nitrógeno (2)

NITROGENO (2)	
NIVEL	%
Bajo	< de 0.1
Medio	0.1 – 0.2
Alto	> de 0.2

CUADRO N°43: Fosforo disponible (2)

FOSFORO DISPONIBLE (2)		
NIVEL	ppm	P2O5 (Kg/ha)
Bajo	menor de 7	menor de 50
Medio	7 - 14	50 - 80
Alto	mayor de 14	mayor de 80

CUADRO N°44: Potasio disponible (2)

POTASIO DISPONIBLE (2)	
NIVEL	ppm
Bajo	< de 100
Medio	100 - 240
Alto	> de 240

CUADRO N° 45: Calcáreo Total (2)

Calcáreo Total (2)	
NIVEL	%
Bajo	< de 1.0
Medio	1.0 – 5.0
Alto	5.0 – 15.0

CUADRO N° 46: Capacidad de intercambio catiónico (2)

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (2)	
NIVEL	meq. / 100 g. de suelo
Muy Bajo	< de 6
Bajo	6 - 12
Medio	12 - 14
Alto	> de 14

CUADRO N° 47: Relaciones catiónicas “adecuadas” en el complejo de cambio (2)

RELACIONES CATIONICAS “ADECUADAS” EN EL COMPLEJO DE CAMBIO (2)		
RELACION	NIVEL	Magnitud
Ca / Mg	Apropiada	5.0 < 8.0
Ca / K	Apropiada	14 - 16
Mg / K	Apropiada	1.8 – 2.5

(1) Soil Survey Manual, 2006.

(2) Laboratorio de Análisis de Suelos y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM)

CUADRO N° 48: SALINIDAD (según tabla adjunta)

CLASES DE SALINIDAD	
CLASE 1	Libre: Ningún cultivo se ve afectado CE : < 4 dS/m a 25°C
CLASE 2	Ligeramente afectado: Se inhibe crecimiento de plantas sensibles sin problemas para especies tolerantes, CE : < 8dS/m a 25°C
CLASE 3	Moderadamente afectado: Ninguna planta se desarrolla bien CE : <15dS/m a 25°C
CLASE 4	Fuertemente afectado: Solo sobreviven las halofitas, CE : >15dS/m a 25°C

Clases de Salinidad y/o Sodicidad

Símbolo	Descripción
(0)	Libres a muy ligeramente afectados por exceso de sales y sodio. Prácticamente ningún cultivo se ve afectado en su crecimiento o muestra daños a causa del exceso de sales o sodio. Conductividad Eléctrica de los suelos inferior a 4dS/m. Porcentaje de sodio es menor a 4%
(1)	Ligeramente afectados por sales y sodio. Los cultivos sensibles a sales y sodio inhiben su crecimiento, sin embargo las plantas tolerantes pueden desarrollarse. La conductividad Eléctrica de los suelos es de 4dS/m a 8dS/m. El % de sodio está entre 4% a 8%.
(2)	Moderadamente afectados por sales y sodio. La mayoría de plantas no desarrollan normalmente, se inhibe su crecimiento, muy pocas plantas desarrollan adecuadamente. La conductividad Eléctrica de los suelos es de 8dS/m a 16dS/m. El % de sodio está entre 8% a 15%
(3)	Fuertemente afectados por sales no se puede cultivar económicamente. La conductividad Eléctrica es mayor a 16dS/m. El % de sodio es mayor al 15%

(Curso: Manejo de Suelos – C.D.F 2016; versión 2009 - UNP).

Anexo 14:**Cuadro N° 49. Relación de propietarios de los suelos estudiados**

Código	NOMBRES	DNI	DIRECCION
1	HAYDEE ENRIQUETA CALLE RUIZ	03636137	QUERECOTILLO
2	NEPTALI PAUL OLAYA MONDRAGON	03637854	QUERECOTILLO
3	PORFIRIO RAMOS MEDINA	03632622	QUERECOTILLO
4	MANUEL PEÑA RUIZ	03603876	HUANGALA
5	DEYVI CRISTHIANCUNYA CHINGUEL	45758175	EL CUCHO
6	AVILA RAMIREZ ANGEL	03638835	MIRAFLORES
7	FARIAS RIVERA JUAN	03497582	SAN FRANCISCO
8	CEVALLOS SAAVEDRA SANTOS	03635195	SAN FRANCISCO
9	PEDRO JUAREZ TINEO	80289108	San Vicente Piedra Rodada
10	WILMER GIRON GIRON	03567074	Santa Rosa de Piedra Rodada
11	SANTOS ANDRES BENITES JIMENEZ	03633115	LA PEÑA
12	MANUEL BENITO RIVERA RUGEL	03633386	LA MARGARITA
13	PEDRO VILLALTA VELASQUEZ	03634153	STA. CRUZ
14	URBINA CHUNGA MARIA	03636109	QUERECOTILLO
15	JOSE NICOLAS ZAPATA ZAPATA	03689538	SALITRAL
16	FERNANDO MARTINEZ CRUZ	03639375	SALITRAL
17	SILVA SAAVEDRA ASTRID	48256416	SALITRAL
18	PEÑA NAVARRO MARIA NATALIA	42709131	SALITRAL
19	MIGUEL DIAZ ORDINOLA	03684272	SALITRAL
20	OSMAR YOEL ZAPATA SAAVEDRA	41003750	SALITRAL
21	JOSE DOMINGO FLORES ABAD	03638665	SALITRAL
22	JOSE SANDOVAL ARICA	03625387	MARCAVELICA
23	SUAREZ MAURICIO SANTOS FERNANDO	40792047	MONTERON
24	AGURTO MORE ROSA ANGELICA	03880567	QUERECOTILLO
25	MANUEL DE JESUS JIMENEZ ACHA	03084917	HUANGALA
26	JULIA MAZA SANDOVAL	03657568	SANTA CRUZ
27	JULIO CESAR CORNEJO PAICO	03494951	LA HUACA
28	MARIANO MENDOZA ERNANDEZ	03476958	LA HUACA
29	DILBERTO CHIROQUE LEON	03475584	LA HUACA
30	ADOLFO VIERA DIOSES	42634694	LA HUACA
31	MIGUEL AGURTO CASTILLO	03676729	MALLARES
32	MARCOS SANCHEZ ARAMBULO	03666648	MONTERON
33	JOSE ANTONIA ROJAS SALDARRIAGA	03478218	LA CHIRA
34	SANTOS CHERO RAMOS	03624422	MALLARES
35	DAVID SILVA SILVA	03676780	GOLONDRINA
36	PEDRO DURAND BAUTISTA	03627074	GOLONDRINA
37	VICTOR ORTIZ ORDOÑES	45649781	MALLARES

.....Continúa Cuadro N° 49

Código	NOMBRES	DNI	DIRECCION
38	SANTOS DEL PILAR SEMINARIO ANTON	03604306	SAN VICENTE
39	VIDOLINO HUAYANAY SAAVEDRA	03101174	CHALACALA
40	HUMBERTO CASTILLO VINCES	03579227	CHALACALA
41	SANTOS ANTONIO CRISANTO CASTRO	03577793	SULLANA
42	JULIO ATOCHE NAVARRO	03649123	QUERECOTILLO
43	LUCRECIA ALVAREZ RODRIGUEZ	03634824	BARRIO RIVERA
44	JUANA GUERRERO PUERTAS	03652716	QUERECOTILLO
45	EUGENIO DIOSES ZAPATA	03632341	SAN FRANCISCO
46	FELICIANO NARRO CARANZA	03840421	LA PEÑA
47	LUIS CARREÑO BECERRA	02838497	LA PEÑA
48	LORENZO SUNCION CARRANZA	03635112	LA HORCA
49	TOMAS NUÑES DIAZ	03638649	CABO VERDE
50	ANITA ELOISA GUTIERRES RAMOS	03638399	BOLOGNESI
51	CRISPOLO VIERA GIRON	03576164	SAN VICENTE
52	LUIS SANCHEZ ANTON	41830864	SAN VICENTE
53	ISMAEL ZAPATA MENDOZA	44026671	SAN VICENTE
54	VICTOR VASQUEZ JUAREZ	03578274	SAN VICENTE
55	OSCAR CARREÑO GUTIERREZ	0378287	CHALACALA BAJA
56	ANGEL CARRASCO AGUILAR	03612825	CHALACALA BAJA
57	TEOFILO PULACHE JUAREZ	03560684	CHALACALA BAJA
58	EULOGIO ALBURQUEQUE SILUPU	03641699	CHALACALA BAJA
59	ROSA ZAPATA LEE	03635498	VICHAYAL
60	OLAYA RIVERA	41367960	QUERECOTILLO
61	RUGEL LOPEZ BRUN	47940136	QUERECOTILLO
62	WILFREDO MASA FLORES	03476065	NOMARA
63	JOSE EDILBERTO FARFAN OBLEA	03681317	LA MARGARITA
64	JOAQUIN MOSCOL ACARO	43637669	VIVIA TE
65	MAZA PINTADO GARDENIA	02751280	HUANGALA
66	LIVIA CORDOVA ANDRES	43771594	HUANGALA
67	ZAPATA GIRON JOSE	03602333	HUANGALA
68	NAVARRETE ANTON PABLO	43165380	HUANGALA
69	JOSE GARCIA MENDOSA	03639894	SALITRAL
70	INOCENTE CAMACHO ATOCHE	03631938	CABO VERDE
71	MANUELILLO ZAPATA MORE	03639339	BOLOGNESI
72	OCTAVIO FLORES JIMENEZ	03629617	JIBITO
73	FRANCISCO PRADO CASTILLO	03674229	MIGUEL CHECA
74	PEDRO MEDINA PRADO	03473844	GRAU

Código	NOMBRES	DNI	DIRECCION
75	DILVER CHAVEZ YERENA	40426523	RINCONADA
76	EVER APRECIADO CALDERON	41839284	LA HORCA
77	MANUEL REYES CAMACHO	03496891	LA PEÑA
78	SERAFIN NARRO CARRANZA	02838503	LA PEÑA
79	RAMIRES CASTRO SANTOS	03637394	LA PEÑA
80	MARTIN PINGO FIESTAS	03603864	HUANGALA
81	ANTONIO NAVARRO CASTRO	03603315	HUANGALA
82	MIGUEL AUGUSTO PINTADO ALBERCA	03124953	HUANGALA
83	SIPRIANO VIERA NAVARRO	03605288	HUANGALA
84	ALBERTO VIERA NAVARRO	03634226	QUERECOTILLO
85	LUCIO RUIZ RODRIGUEZ	03631801	LA MARGARITA
86	JORGE PALACIOS ROMAN	03669285	LA MARGARITA
87	ARMANDO RIVERA PEÑA	03632079	LA MARGARITA
88	MOGOLLON YESAN PEDRO	02838317	EL CUCHO
89	JULIO PANTA FLORES	80303433	SOMATE BAJO
90	NAVARRO CASTRO JUAN	03575913	SAN VICENTE
91	WILFREDO FLORES RAMOS	03678458	GOLONDRINA
92	MEJIAS DE SILVA MARIA	03624325	LA NORIA
93	ARICA TORRES JUAN CARLOS	40297901	MARCAVELICA
94	SILVA MORALES ALISTI ROBERT	02839074	LA NORIA
95	DEMETRIO CORREA AYALA	03656340	SANTA SOFIA
96	OSCAR GUTIERREZ FEBRES	25507678	VICHAYAL
97	CARLOS YACILA REYES	03573469	MARCAVELICA
98	EFRAIN SEMINARIO VALDIVIEZO	40536247	SANTA SOFIA
99	GREGORIA LESCANO DE SANDOVAL	03625241	VISTA FLORIDA
100	MANUEL JOSE RUIZ CESPEDES	03622293	MALLARITOS
101	FELICIANO PONCE MURGIA	03628730	MALLARITOS
102	JOSE MIGUEL NAVARRO SABALU	03631448	QUERECOTILLO
103	JUAN ANDRADE RODRIQUEZ	03666791	LA NORIA
104	HERNADO MEJIA PALOMINO	03624329	LA NORIA
105	ELADIO CARRILLO RODRIGUEZ	03625371	LA QUINTA
106	VICTOR QUEVEDO ACBAW	03626803	LA QUINTA
107	CARLOS ALFREDO ROMERO ALVARADO	02839114	MARCAVELICA
108	LIDIO ROJAS GALLARDO	03663547	MARCAVELICA
109	ANGEL CESPEDES PRIETO	03639369	SALITRAL
110	MARCELA QUISPE CRUZ	03639995	SALITRAL
111	MIGUEL DELGADO ALBURQUEQUE	03638179	SALITRAL

.....Continúa Cuadro N° 49

Código	NOMBRES	DNI	DIRECCION
112	JUAN VALLADARES CRUZ	03676150	SALITRAL
113	JUAN OLAYA VELIZ	03638001	SALITRAL
114	PEDRO MORAN LIZANO	10497506	HUANGALA
115	TEODULO GALVEZ GRANDA	03127058	HUANGALA
116	ELIAS PALACIOS CASTILLO	41831321	HUANGALA
117	GAMANIEL GALVEZ GRANDA	03088718	HUANGALA
118	JUANA SUNCION FARFAN	03634578	PUENTE SERRANOS
119	MANUEL LOPEZ RIVERA	03634974	QUERECOTILLO
120	MARCELO CARREÑO SALAZAR	03637031	LA MARGARITA
121	LEONARDO SOCOLA RIVERA	03653302	SALITRAL
122	JUSTO CARRASCO RUJEL	03638367	SALITRAL
123	PEDRO PABLO CASTRO HUAMAN	03638655	SALITRAL
124	OTILIA CASTILLO VILCHEZ	03633753	VICHAYAL
125	AGUSTIN ZAPATA SILVA	03623442	MALLARES
126	PEDRO CHANDUVI DURAND	03634386	MARCAVELICA
127	LUIS QUINO VARGAS		QUERECOTILLO
128	MARIA RICARDINA NUNJAR MORALES		QUERECOTILLO
129	NENNER AUGUSTO LEON RIVERA		QUERECOTILLO
130	ELAUTERIO EZPINOZA GONZALES		CHOCAN
131	HUAMAN HUAMAN EUDER		BELLAVISTA
132	VALENTIN ATOCHE RAMOS	03638615	SALITRAL
133	MIGUEL LLACSAHUANGA CUNYA	03112037	GRAU
134	ROGELIO PINTADO ALBERCA	41550812	HUANGALA
135	ROSABEL RAYMUNDO CRISANTO	03604645	HUANGALA
136	AGUSTIN VERA JIMENES	03694320	HUANGALA
137	ADRIANO ARCELA PALACIOS	33617856	HUANGALA
138	NUNJAR PEÑA GILMER	03667783	QUERECOTILLO
139	CHUNGA ROMERO MANUEL FRANCISCO	03631883	QUERECOTILLO
140	ZAPATA GUTIERREZ VICKY	0366894	QUERECOTILLO
141	PEDRO VICTOR FLORES LADINES	03634894	QUERECOTILLO
142	ROGELIO CASTRO INGA	03631957	QUERECOTILLO
143	NEPTALI INGA RUIZ	03665935	EL PORVENIR
144	MANUEL TEODORO INFANTE GUTIERREZ	03880457	SAN FRANCISCO
145	SANTOS JIMENES JUAREZ	03664407	CHALACALA BAJA
146	LUIZ ATOCHE JIMENEZ	03651013	CHALACALA BAJA
147	DARWIN TOLEDO CAMPOVERDE	42890009	CHALACALA BAJA
148	SIGIFREDO CASTILLO FLORES	03588810	CHALACALA BAJA